



Escola de Camins

Escola Tècnica Superior d'Enginyeria de Camins, Canals i Ports
UPC BARCELONATECH

Formación de técnicos en PRL para sus visitas de inspección mediante experiencias de realidad virtual

Trabajo realizado por:

Erika Alexandra Rojas Cabrera

Dirigido por:

Francisco Javier Mora Serrano

Felipe Muñoz La Rivera

Máster en:

Ingeniería estructural y de la construcción

Barcelona, mayo 2020

Departamento de ingeniería civil y ambiental

TRABAJO FINAL DE MÁSTER



Escola de Camins

Escola Tècnica Superior d'Enginyeria de Camins, Canals i Ports
UPC BARCELONATECH

TESIS DE MÁSTER

Máster

Ingeniería Estructural y de la Construcción

Título

**Formación de técnicos prevencionistas para sus visitas de
inspección mediante experiencias de realidad virtual**

Autor

Erika Alexandra Rojas Cabrera

Tutores

**Francisco Javier Mora Serrano
Felipe Muñoz La Rivera**

Especialidad

Construcción

Departamento

Ingeniería Civil y Ambiental

Data

Mayo 2020

Resumen

Desde el año 2013, el índice de incidencia del sector de la construcción en España ha crecido un 33%. La construcción lidera el aumento de la siniestralidad respecto a otras industrias. Los sistemas educativos existentes en prevención de riesgos laborales no logran el objetivo deseado mitigar este problema, ni se tratan con la debida importancia. Por lo que nos vemos obligados a fomentar una cultura preventiva con un sistema educativo interactivo y efectivo. En la búsqueda de herramientas que permitan educar; proporcionando un entorno de entrenamiento completo e inmersivo, la literatura propone el uso de *Serious Game*. El propósito de este trabajo es elaborar una herramienta interactiva e inmersiva, que permita capacitar a los técnicos en prevención de riesgos laborales (TPRL). Con esta herramienta se busca mejorar sus habilidades en las visitas de inspección de obra. La herramienta desarrollada se basa en un flujograma de funciones de un TPRL. Este instrumento de formación ha sido desarrollado en el motor de video juegos Unity 3D. Mediante un modelo tridimensional de un proyecto de construcción y, con la implementación de objetos y acciones, recrea una visita real de inspección de obra. Utiliza el lenguaje de programación C#. Se realiza la validación de la herramienta desarrollada mediante un cuestionario que, aplicado a un panel de expertos, evalúa la experiencia del usuario.

Palabras clave: Formación en Prevención de Riesgos Laborales, *Serious Game*, Técnicos en Prevención de Riesgos Laborales, Unity 3D, Construcción.

Abstract

Since 2013, the incidence rate of the construction sector in Spain has grown by 33%. In respect to other industries, the construction industry is the leader in the accident rate increase. The existing educational systems for the prevention of occupational risks do not achieve the desired objective, nor are they treated with due importance. Therefore, we must promote a prevention culture with an interactive and effective educational system. In search of tools that allow educating by providing a complete and immersive training environment, the literature proposes the use of *Serious Game*. The purpose of this work is to elaborate an interactive and immersive tool, which allows training technicians in the prevention of labour risks (TPRL). With this tool, we seek to improve their skills in site inspection visits. We have based the developed tool on a flow chart with a TPRL's functions. We have developed this training tool in the Unity 3D video game engine. Through a three-dimensional model of a construction project and with the implementation of objects and actions, it recreates a real site inspection visit. It uses the C# programming language. Validation of the developed tool is done through a survey that, applied to a panel of experts, evaluates the user's experience.

Keywords: Occupational Risk Prevention Training, Serious Game, Virtual Reality, Occupational Risk Prevention Technicians, Unity 3D, Construction.

Agradecimientos

Me gustaría dar las gracias a mis tutores Francisco Javier Mora Serrano, Felipe Muñoz La Rivera e Ignacio Valero López, por darme un lugar en su grandioso grupo de trabajo en el Centro Internacional de Métodos Numéricos en la Ingeniería (CIMNE), por su supervisión y dirección que fueron cruciales en el desarrollo de este proyecto.

Por su inmensurable apoyo, un agradecimiento especial a Oscar de Coss Henning, impecable doctorando, colega, y ahora amigo. Gracias por la colaboración, crítica, aliento y paciencia brindada.

Gracias a la “Secretaría de Educación Superior, Ciencia Tecnología e Innovación” (SENESCYT), por la beca otorgada y la financiación del Máster en Ingeniería Estructural y de la Construcción.

Desde lo personal, gracias a mis padres Luciano y Mónica, a mi hermana Carolina y a mis sobrinos Damián y Renata, que han sido siempre mi fortaleza y a pesar de la distancia, me han dado su apoyo, confianza y amor incondicional.

Finalmente, quiero agradecer a todas las personas que han sido parte de esta etapa de mi vida, familiares, amigos y colegas, que han aportado en mi crecimiento personal y profesional. Que Dios les pague y les bendiga.

Índice

Resumen	II
Abstract	III
Agradecimientos.....	IV
Glosario/Acrónimos.....	X
Capítulo I. Introducción	1
1.1 Objetivo	2
1.2 Metodología de la investigación.....	2
Capítulo II. Prevención de riesgos laborales en el sector de la construcción.....	4
2.1 Industria de la construcción	4
2.1.1 Particularidades de la industria	5
2.2 ¿Cómo está cambiando la industria de la construcción?	5
2.2.1 Building Information Modeling (BIM)	6
2.2.2 Lean Construction.....	7
2.2.3 Realidad Virtual (RV), Realidad Aumentada (RA) y Realidad Mixta (RM)	8
2.2.4 Construcción 4.0.....	8
2.3 La Seguridad y la Salud en el sector de la construcción.	9
2.3.1 Principales causas de mortalidad y de accidentes en el sector de la construcción.	10
2.4 Cultura de Seguridad en el sector de la Construcción	14
2.4.1 Marco normativo de PRL en el sector de la construcción en España.....	14
2.4.2 Documentos preventivos de una obra de construcción	17
2.4.3 Niveles de cualificación en PRL, sus funciones y formación.	18
2.5 Técnico Superior en Prevención de Riesgos Laborales.....	19
2.5.1 Formación profesional de Técnico Superior en PRL	20
2.5.2 Consecuencias para los Técnicos de PRL en caso de accidentes laborales	20
2.6 Prevención en el diseño	20
2.7 Tecnología para formación en prevención de riesgos laborales	22
Capítulo III. Diseño conceptual de la propuesta	26
3.1 Justificación.....	26
3.2 Flujo de trabajo de un TPRL	27
3.2.1 Evaluaciones de riesgos	27
3.2.2 Planificar actividades preventivas	27
3.2.3 Visitas a obra	27
3.3 Tipos de EPI y EPC	29
3.4 Uso de <i>Serious Game</i> y RV para formación de un TPRL en sus visitas a obra	30
3.5 Formación propuesta para TPRL.....	32
Capítulo IV. Creación de la experiencia.....	34
4.1 Fases de trabajo.....	34

4.2 Importación del modelo BIM a Unity	35
4.3 Creación de escenas	35
4.3.1 Menú de inicio	36
4.3.2 Obra de Construcción.	37
4.4 Creación de actividades	42
4.4.1 Menú de inicio	42
4.4.2 Tiempo	43
4.4.3 Animaciones del jugador.....	43
4.4.4 Acciones de los trabajadores	45
4.4.5 Activar la lista de verificación de EPC y EPI	47
4.4.6 Selección de EPI que necesita el trabajador.....	49
4.4.7 Comparación de datos.....	50
4.5 Informe final.....	50
4.6 Experiencia en PC.....	51
4.7 Experiencia en RV.....	52
Capítulo V. Evaluación de la simulación creada.....	54
5.1 Metodología.....	54
5.2 Cuestionario para evaluación	54
5.3 Resultados	57
5.4 Análisis de resultados.....	58
Capítulo VI. Conclusiones y futuras líneas de investigación	59
Referencias	61

Anexos

Anexo A. Evaluación de Riesgos.....	66
Anexo B. Actividades generales de una empresa prevencionista	71
Anexo C. Control de procesos de montaje de EPC	74
Anexo D. Lista de control de entrega de EPI a trabajadores	78
Anexo E. Check List utilizado por TPRL para control en obras de construcción	79
Anexo F. Formulario de incidencia en obra	80
Anexo G. Informe semanal de obra	81
Anexo H. PRL en la obra civil.....	82
Anexo I. Comparación de ventajas e inconvenientes entre aplicaciones con RV [71].	84
Anexo J. Unity 3D	85
1. Ventanas de Unity.....	85
1.1. Scene View	85
1.2. Game View	85
1.3. Hierarchy	85
1.4. Inspector.....	85
1.5. Project	85
1.6. Console	86
1.7. Asset Store.....	86
1.8. Animator.....	86
2. GameObjects, components, y scripts	86
2.1. GameObject	87
2.2. Components	87
2.3. Scripts	87
Anexo K. Scripts	88
1. Script. Menú principal	88
2. Script. Ingresar nombre de usuario en el menú principal	89
3. Script. Controlar el tiempo y temporizador en interfaz de usuario	90
4. Script. Controlar la animación del jugador	91
5. Script. Controlar el movimiento de los trabajadores	93
6. Script. Definir la ruta que siguen de los trabajadores	95
7. Script. “Check” en la lista de verificación	96
8. Script. Seleccionar el EPI le falta al trabajador	100
9. Script. Comparar información guardada de los Check List	101
10. Script. Terminar la experiencia y crear informe final.	103
Anexo L. Cuestionario de evaluación.....	105

Índice de Figuras

Figura 1. Metodología de la investigación	3
Figura 2. Sector de la construcción como porcentaje del PIB (2009-2018)	5
Figura 3. Evolución de la industria de la construcción.	6
Figura 4. Características del uso de la información en la metodología BIM [26].....	6
Figura 5. Dimensiones de BIM.....	7
Figura 6. Marco conceptual de la Construcción 4.0.....	9
Figura 7. Evolución temporal de los índices de incidencia en los sectores de actividad económica.	10
Figura 8. Seguridad de los trabajos en función del avance del proyecto.	21
Figura 9. Seguridad en la construcción en el momento adecuado y marco de salud de "capas móviles para protección" aborda el período crítico para la prevención y respuesta a accidentes. .	22
Figura 10. Herramienta de capacitación de identificación de peligros de OSHA	23
Figura 11. Texturas para encofrados de hormigón y Texturas para refuerzos [8].....	23
Figura 12. Escenas del juego de seguridad en Zanjas [82].	24
Figura 13. Responsabilidades de un Técnico en PRL.....	28
Figura 14. Pasos a seguir para la selección del EPI adecuado.....	29
Figura 15. Flujograma del <i>Serious Game</i> con actividades del TPRL en sus visitas a obra.....	31
Figura 16. Flujograma de actividades a realizar por el usuario con la herramienta obtenida.....	33
Figura 17. Flujo de trabajo para crear un entorno virtual para formación en PRL.....	34
Figura 18. Dispositivo HTC Vive: gafas, controladores y sensores	35
Figura 19. Edificio B0 en el Campus Nord [60].....	35
Figura 20. Escena de Menú Principal.....	36
Figura 21. Escenas agregadas a la experiencia.....	36
Figura 22. Instrucciones en la experiencia	37
Figura 23. Extraer texturas de los personajes	38
Figura 24. Etiquetas a trabajadores	38
Figura 25. Colocar EPI a trabajadores	39
Figura 26. Agregar script a inspector	42
Figura 27. Agregar List is Empty	42
Figura 28. SetActive (bool).....	43
Figura 29. Tiempo de experiencia.....	43
Figura 30. Vista general del Animator Controller del jugador y sus parámetros.	44
Figura 31. Vista del inspector de una transición de animaciones del jugador.....	45
Figura 32. Box Collider y Capsule Collider	45
Figura 33. Animator Collider de los trabajadores que siguen una ruta	46
Figura 34. Rutas establecidas para los trabajadores.....	46
Figura 35. Box Collider en cada botón de la lista de verificación.....	47
Figura 36. Script de Check List en cada jugador.....	48
Figura 37. Check list de un trabajador en el Inspector	49
Figura 38. EPI que desea que use el trabajador	49
Figura 39. Trabajador con EPI seleccionado.....	50

Figura 40. Informe Final	50
Figura 41. Ventana de Project Settings.....	51
Figura 42. Ventana de Project Settings.....	52
Figura 43. Para crear archivo ejecutable.....	52
Figura 44. Realidad Virtual en Unity.....	53
Figura 46. Vistas de algunas ventanas de Unity	85
Figura 47. Ventana "Animator" desplegada.....	86
Figura 48. Componentes de un GameObject.....	86

Índice de Tablas

Tabla 1. Resumen de factores involucrados en 100 accidentes [45].	11
Tabla 2. Principales riesgos asociados a las actividades de la construcción.	13
Tabla 3. Responsabilidades de los distintos niveles de formación en PRL	19
Tabla 4. Resumen de aplicaciones de <i>Serious Game</i> y RV en formación de PRL en la construcción	25
Tabla 5. Ficha descriptiva de la experiencia.....	32
Tabla 6. Requerimientos del Sistema.....	34
Tabla 7. Trabajadores importados en la experiencia con su EPI.....	39
Tabla 8. EPC utilizado en la creación de la experiencia.	41
Tabla 9. Check List utilizados en la experiencia.....	48
Tabla 10. Caracterización del panel de expertos que validó la simulación	54
Tabla 11. Cuestionario. Adaptado de Olsson [100].	55
Tabla 12. Promedio de los resultados del cuestionario	57

Glosario/Acrónimos

BIM	Building Information Modeling
CAVE	Entorno Virtual Asistido por Computadora
CSSFE	Coordinador de Seguridad y Salud durante la ejecución de la obra
CIMNE	Centro Internacional de Métodos Numéricos en Ingeniería
EBSS	Estudio Básico de Seguridad y Salud
EPC	Equipos de Protección Colectiva
EPI	Equipos de Protección Individual
ESS	Estudio de Seguridad y Salud
I+D	Investigación y Desarrollo
HMD	Head-Mounted display
INE	Instituto Nacional de Estadística
INSHT	Instituto Nacional de Salud e Higiene en el Trabajo
LOE	Ley de Ordenación de la Edificación
LPRL	Ley de Prevención de Riesgos Laborales
MITRAMISS	Ministerio de Trabajo, Migraciones y Seguridad Social
OIT	Organización Internacional del Trabajo
OSHA	Administración de Seguridad y Salud Ocupacional
PYMES	Pequeñas y medianas empresas
PIB	Producto Interno Bruto
PRL	Prevención de riesgos laborales
PSS	Plan de Seguridad y Salud
PtD	Prevención en el diseño
RA	Realidad Aumentada
RD	Real Decreto
RFID	Identificación de frecuencia de radio
RI	Revolución Industrial
RM	Realidad Mixta
RSP	Reglamento de servicios de la prevención
RV	Realidad Virtual
SGPRL	Sistema de gestión de Prevención de Riesgos Laborales
SST	Seguridad y Salud en el Trabajo
TPRL	Técnico en Prevención de Riesgos Laborales
UX	Experiencia de Usuario

Capítulo I. Introducción

En España, desde el año 2013 al 2018 el número de accidentes al año por cada cien mil trabajadores (índice de incidencia) ha tenido un constante aumento. La construcción, respecto a todos los sectores de actividad económica, es la industria que tiene el mayor índice de incidencia de accidentes de trabajo con baja [1]. Existe una numerosa legislación referente a la Prevención de Riesgos Laborales. Dentro de esta, el Real Decreto 1161/2001 [2] establece las enseñanzas mínimas a los Técnicos de Prevención de Riesgos Laborales (TPRL), que pretenden el dominio en 4 especialidades: (a) Seguridad en el trabajo, (b) Higiene industrial, (c) Ergonomía y (d) Psicología aplicada.

La 1ª Encuesta en España a TPRL realizada en el año 2016 [3], indica que solo un 1/6 de los TPRL tienen conocimientos y dominan las 4 especialidades que les compete. Además, el 66% de los encuestados consideran que el tiempo de estudio y formación que reciben debe aumentar, y que se debe utilizar medios didácticos apropiados. Los TPRL solicitan una formación continua, y diferente, que les permita desarrollar habilidades necesarias para generar un cambio hacia la prevención. La actual oferta formativa no llega convenientemente al TPRL o no se considera suficiente.

Saleh y Pendly [4] expresan que los sistemas educativos de PRL tradicionales no logran el objetivo deseado ni se tratan con la debida importancia. Con ello nace la necesidad de desarrollar un sistema educativo interactivo y efectivo para transmitir conocimientos en PRL y facilitar la adquisición de experiencia. Los profesionales de la educación ven el entusiasmo y las largas horas que las personas pasan jugando desafiantes juegos de computadora, y están optando por incorporar este medio para enseñar contenido educativo. El uso de *Serious Games* tiene potencial para los educadores [5]. Las investigaciones centradas en el uso de estos juegos indican beneficios de aprendizaje experiencial y constructivismo [6], y aumento de aprendizaje cognitivo [7]. En 2011 Lin *et al.* [8] realiza un *Serious Game* con Realidad Virtual (RV) y destacan que esta herramienta proporciona un entorno de entrenamiento completo e inmersivo a los trabajadores del sector de la construcción. Este se basa en utilizar la tecnología de videojuegos y aprovechar las ventajas de la RV para exponer a sus trabajadores a escenarios reales. Experimentan con moverse en el mundo virtual, donde se enfrentan a distintos riesgos laborales. Es importante mencionar los instrumentos tecnológicos que se utilizan para transmitir la presencia de un mundo real, en un mundo virtual. Principalmente son motores de video juegos, dispositivos HMD, guantes de datos o entorno virtual asistido por computadora (CAVE). También, existen programas de formación multiusuario, que permiten a los trabajadores interactuar y experimentar los riesgos que se crean por actividades simultáneas [9]. En otro estudio, se elabora un sistema de seguridad en el entorno virtual aumentado. El programa integra un modelo BIM (Building Information Modeling) con imágenes 2D donde permite a los usuarios identificar peligros [10].

Las experiencias documentadas no dan cuenta de la realización de programas de formación enfocados en las funciones de un TPRL. Resulta importante y necesario que los TPRL se capaciten en una de las especialidades que les compete, de forma que puedan desempeñar mejor el trabajo

que se les asigne, con el fin de disminuir o eliminar las incidencias en construcción. La tecnología de realidad virtual representa una importante oportunidad de aplicación para contribuir fuertemente a mitigar los riesgos laborales en la construcción y generar una cultura de prevención más potente. Así, esta investigación pretende crear una herramienta interactiva e inmersiva, con la finalidad de entrenar a los TPRL en sus visitas de inspección a obra, generada mediante un software desarrollo de videojuegos capaz de producir experiencias de RV. Además, esta investigación pretende validar la herramienta creada mediante un grupo de expertos, evaluando la experiencia de usuario y la aceptabilidad general de la herramienta.

1.1 Objetivo

Crear una herramienta interactiva e inmersiva, con la finalidad de entrenar a los técnicos en prevención de riesgos laborales para sus visitas de inspección a obra.

Para conseguir el objetivo se realizan las siguientes actividades:

- Analizar la normativa vigente en prevención de riesgos laborales, formación actual de técnicos prevencionistas y la responsabilidad que asumen en las visitas de inspección a obra.
- Crear un flujograma de las funciones de un técnico en prevención de riesgos laborales en un proyecto de construcción.
- Elaborar una herramienta que recree la función de un TPRL en sus visitas de inspección en un proyecto de construcción, mediante el software Unity.
- Validar la herramienta creada mediante la evaluación de un panel de expertos del sector, utilizando dispositivos de Realidad Virtual y un instrumento estandarizado afín.

1.2 Metodología de la investigación

Para el desarrollo de esta investigación, se ha utilizado la metodología de investigación en Ciencias del Diseño (*Design Science Research Methodology* – DSRM), dividida en 5 etapas: (1) Identificación de problemas observados y motivaciones, (2) Definición de objetivos de potencial solución, (3) Diseño y Desarrollo, (4) Demostración, y (5) Evaluación [11], [12], [13], [14]. La Figura 1 muestra las etapas del trabajo, detallando las herramientas que se utilizan en las distintas actividades establecidas. En la primera etapa del proceso, a partir de una revisión de literatura se pretende razonar sobre particularidades del sector, los índices y causas de accidentes, y la normativa existente en PRL. La responsabilidad de un técnico prevencionista, la formación que recibe, y cómo el uso de tecnologías en la formación, ayudan a mitigar este problema. Entendido esto, se define como solución potencial, la utilización de una herramienta tecnológica para la formación de técnicos prevencionistas, mediante herramientas de RV. Pueden mejorar su aprendizaje y trabajo. La tercera etapa consiste en el diseño y desarrollo de la propuesta para formación de técnicos prevencionistas en sus visitas a obra. Se realiza por medio de una plataforma de videojuegos, donde se genera la herramienta para utilizarla con dispositivos de RV. En la cuarta etapa se implementa dicha propuesta en plataformas de videojuegos de RV. Se procede a la quinta etapa, para validar la

herramienta se aplica un cuestionario de evaluación a profesionales del sector, que hace un análisis de su percepción.

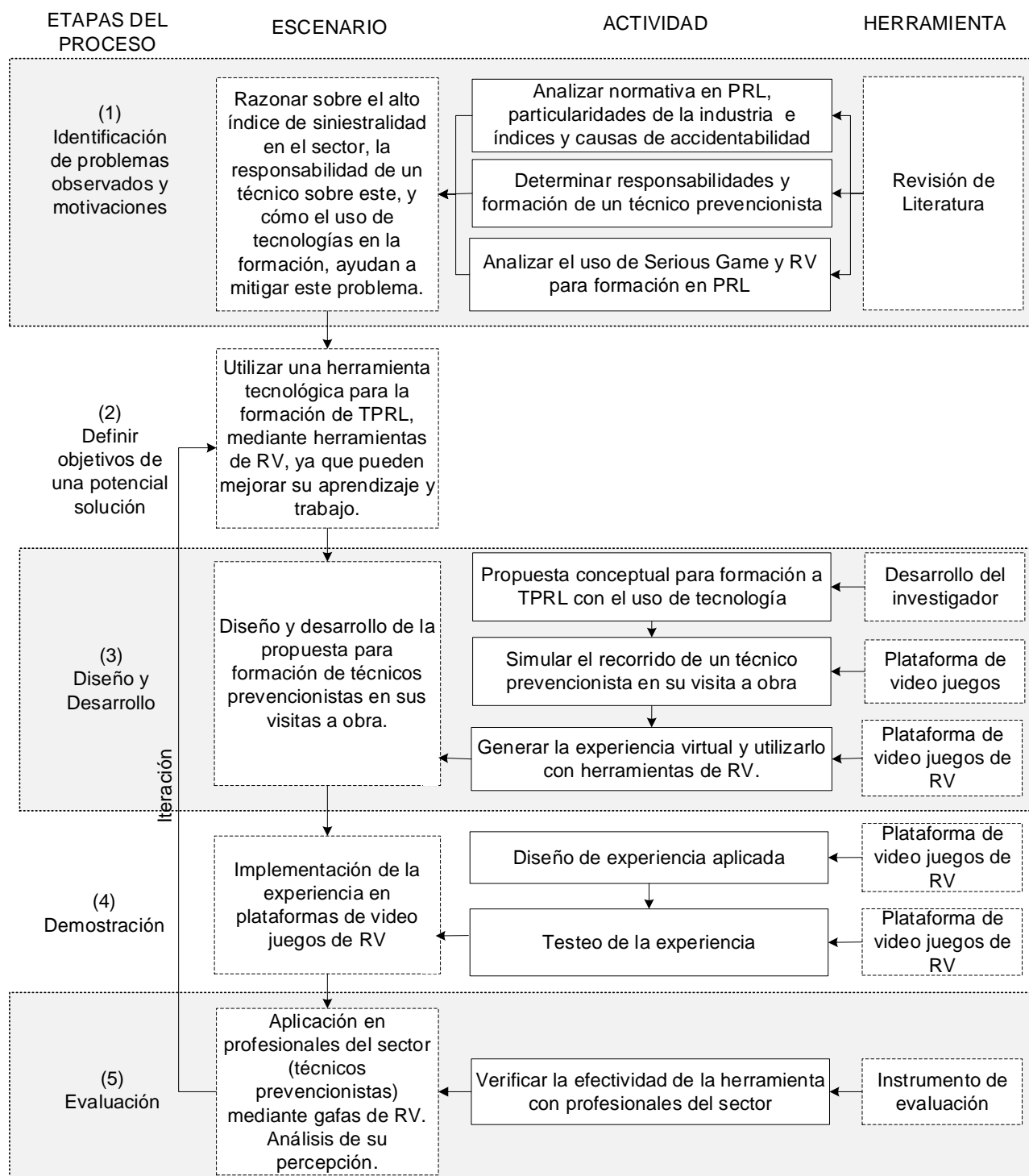


Figura 1. Metodología de la investigación
Elaboración: propia.

Capítulo II. Prevención de riesgos laborales en el sector de la construcción

La Prevención de Riesgos Laborales es muy importante en la construcción por dos motivos fundamentales: (a) por la propia importancia del sector en las economías de los países; y dado que (b) es uno de los sectores donde más impacto tiene su adecuada (o errónea) implementación, por lo que puede servir como referente para todos los demás.

2.1 Industria de la construcción

En la Unión Europea, el sector de la construcción aporta al desarrollo económico y social de un país con cerca del 6% del Producto Interno Bruto [15]. Tiene un peso similar en la generación de empleo, dado que la industria de la construcción trabaja simultáneamente con muchas otras empresas que le suministran materias primas, maquinaria, instalaciones y servicios complementarios. A pesar de esta relevancia, los proyectos de construcción se han caracterizado tradicionalmente por una gestión y ejecución que emplea procesos poco eficientes, comparativamente con otros sectores, como el de la automoción o fabricación de bienes, asociado a una menor inversión en I+D (Investigación y Desarrollo). Con todo, en estos últimos años se han dado avances tecnológicos muy importantes para esta industria, como el uso cada vez mayor de *Building Information Modeling* (BIM), *robots*, impresiones en 3D, tecnologías respetuosas con el medio ambiente, entre otras. Para consolidar esta tendencia, es necesario el compromiso de las empresas para implantar estas nuevas metodologías y tecnologías, y a la vez capacitar y generar compromisos de los trabajadores y directivos para que se adapten a dichos cambios [16].

La industria de la construcción juega un papel clave en la satisfacción de una amplia gama de necesidades físicas, económicas y sociales y contribuye significativamente al cumplimiento de varios objetivos nacionales importantes. El tamaño de la industria, la naturaleza de su operación y su presencia en cada actividad de desarrollo lo convierten en un área atractiva para la transferencia, adaptación y desarrollo de tecnologías consistentes, con los objetivos de desarrollo de las naciones emergentes. Cabe destacar que el rol principal de la industria de la construcción es el desarrollo económico, tal como ilustra el estudio *The Construction Industry in Developing Countries*, preparada por *Technology Adaptation Program, Massachusetts Institute of Technology* y citado por Abbott [17]. La industria de la construcción juega un papel importante en desarrollo económico en las naciones menos industrializadas ya que constituye una porción significativa de productos nacionales brutos y de empleo. De hecho, la creación de instalaciones físicas constituye más de la mitad de la inversión interna bruta de los países desarrollados y en desarrollo.

Es importante analizar el aporte de la construcción en el Producto Interno Bruto (PIB) que se define como, el valor de los bienes y servicios finales, generados por los agentes económicos durante un periodo determinado [18]. En el caso de España, el sector de la construcción en el año 2018 representó el 5.4% de su PIB real que fue 1202 miles de millones de euros. El mayor porcentaje que ha alcanzado en los últimos 10 años, como se aprecia en la

Figura 2, es en el año 2009 con el 9.96%.

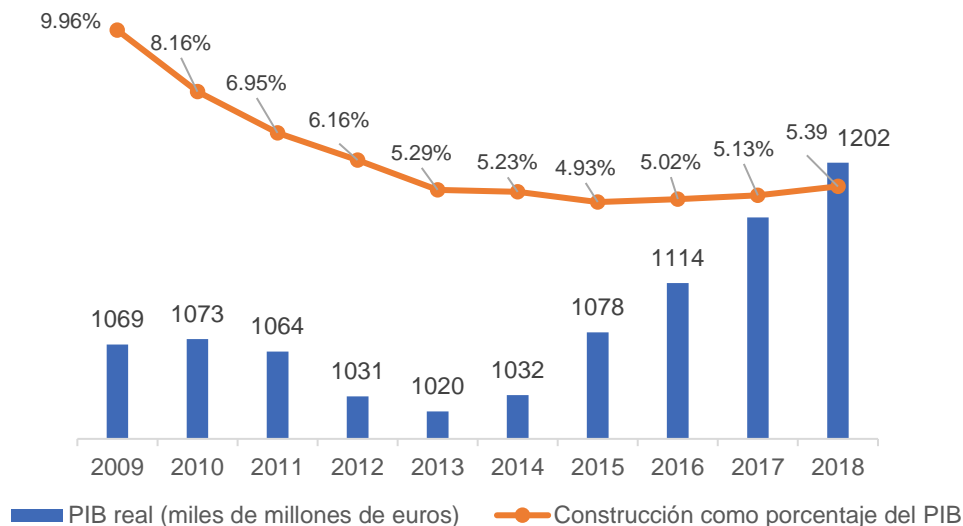


Figura 2. Sector de la construcción como porcentaje del PIB (2009-2018)

Fuente de datos: INE, Contabilidad Nacional.

Elaboración: propia

2.1.1 Particularidades de la industria

La industria de la automoción, aeronáutica y manufacturera genera productos acotados y según cadenas de producción en masa, permitiendo procesos de verificación, testeo, prueba y mejora continua, desarrollados en fábricas controladas y altamente automatizadas. Son industrias pioneras en productividad y seguridad. En contraste, la industria de la construcción se caracteriza por desarrollar productos únicos, ejecutados mediante “construcción in situ”, condicionados por varios aspectos, entre los más significativos el clima y la ubicación, por lo que el proceso por fuerza debe ser variable, muy flexible según la casuística de las operaciones de trabajo y el ajuste de la mano de obra a las distintas situaciones [19]. La producción diferente en cada proyecto, ya que no hay construcciones homogéneas, dependen de muchos factores propios de cada construcción así, otro de los problemas principales del sector es la subcontratación y las largas cadenas de abastecimiento que pueden llegar a tener, hasta más de 9 niveles de empresas subcontratadas [20]. Y por supuesto, no podemos omitir que las actividades que se realizan en los proyectos de construcción son consideradas de alto riesgo, por lo cual se pueden dar accidentes laborales, perjudicando la integridad física, mental y social de los trabajadores y de las empresas [21].

2.2 ¿Cómo está cambiando la industria de la construcción?

Según Buss y White [22] indican que la industria de la construcción ha evolucionado en varias etapas, que se muestran en la Figura 3. La primera etapa conlleva el uso de herramientas como palas y azadas. La segunda etapa es desarrollada por la mecanización, utilización de maquinaria como grúas o retroexcavadoras. La tercera etapa fomentada por la tecnología de la información, donde surge el uso de BIM. La cuarta etapa es la denominada Construcción 4.0, que compromete la digitalización, el trabajo en conjunto de sensores, internet de las cosas, software, drones, láser, etc., con el fin de aumentar la productividad del proyecto de construcción.

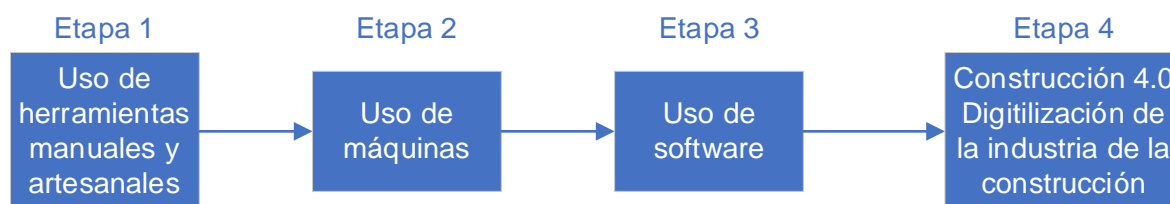


Figura 3. Evolución de la industria de la construcción.
Adaptación de Buss y White.

2.2.1 Building Information Modeling (BIM)

La bien conocida metodología de trabajo BIM, ahora en proceso de completa consolidación, está haciendo evolucionar la industria de la Arquitectura, Ingeniería y Construcción (AEC) [23]. A modo resumen, esta metodología fomenta el trabajo integrado entre todos los miembros de un proyecto, sobre un mismo eje, compartiendo y almacenando información a lo largo de su ciclo de vida (planificación, diseño, construcción, operación, mantenimiento y demolición) [24]. BIM utiliza un software dinámico de modelado en 3 dimensiones y en tiempo real [25], esta metodología tiene características particulares, principalmente el Uso de Información, como indica la Figura 4 donde se extienden las características más importantes de la metodología.

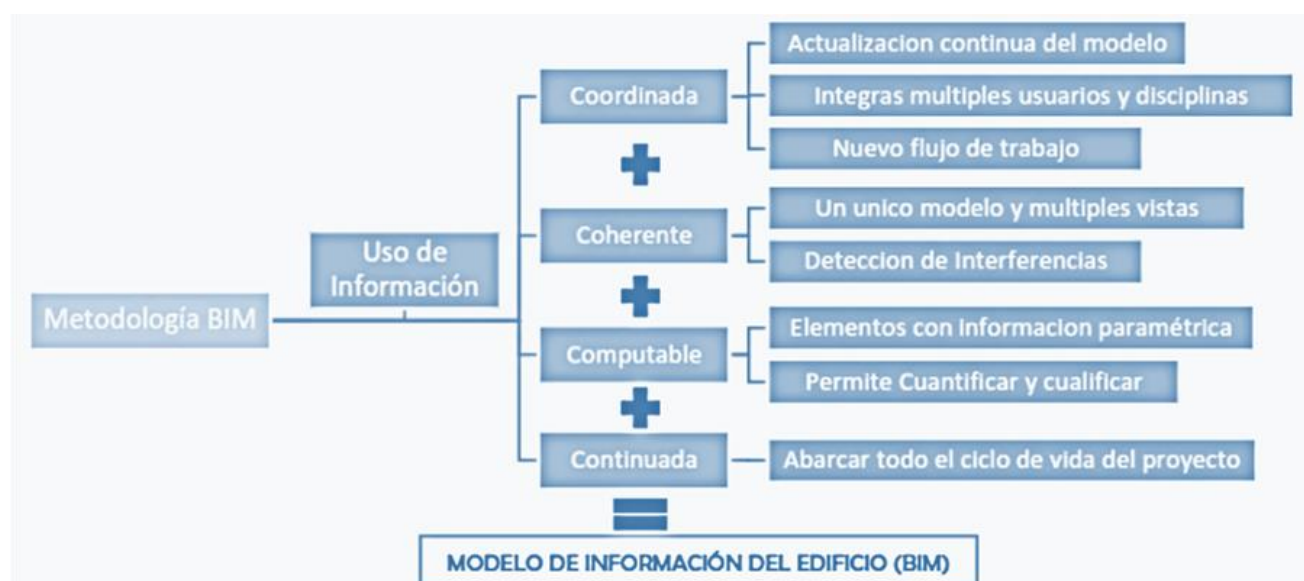


Figura 4. Características del uso de la información en la metodología BIM [26]

Según datos de buildingSMART Spain, en 2019, 351 fueron las licitaciones con requerimientos BIM, con un incremento del 71% respecto a 2018. Su nivel de madurez está en crecimiento, pero queda un largo recorrido hasta utilizar modelos BIM de manera habitual en España. Los modelos cuentan con 7 dimensiones en BIM, aunque está en estudio una 8 dimensión que refiere a nuestro tema de interés, la seguridad. Las dimensiones son tipos de información incorporada a ellos [27] y en la Figura 5 observamos a que refieren cada una de las dimensiones de BIM.

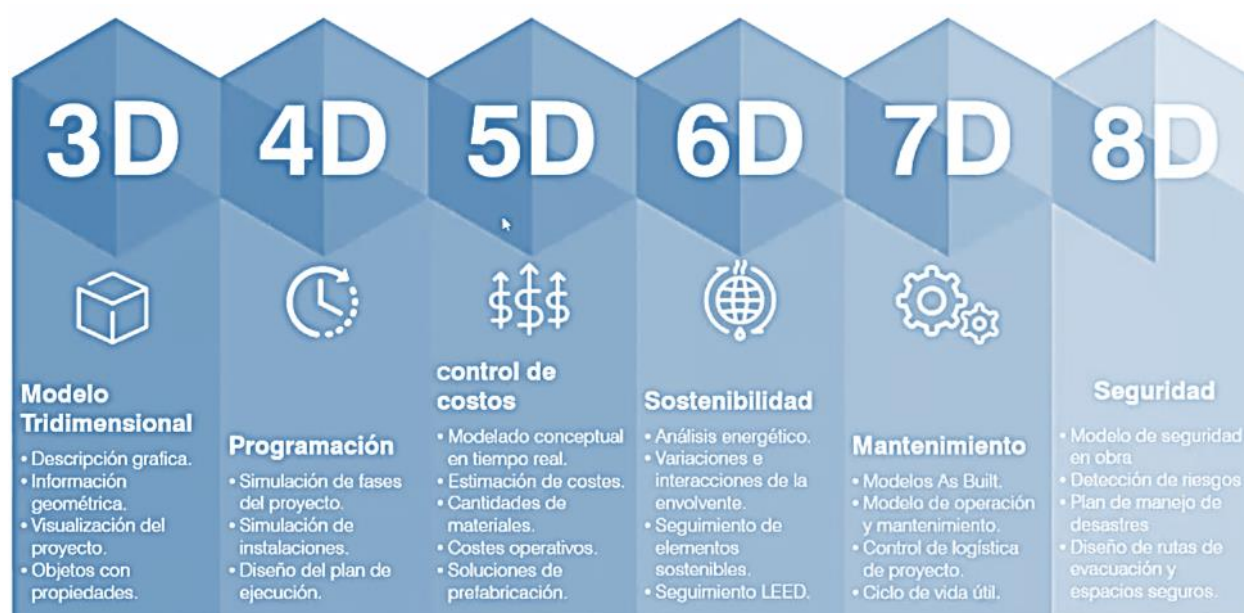


Figura 5. Dimensiones de BIM

Fuente: Cámara Colombiana de la Construcción.

- **BIM 3D:** Modelo tridimensional del proyecto (arquitectura, estructuras e instalaciones). Permite visualizar como quedará el modelo construido, coordinar y realizar cálculo de cantidades.
- **BIM 4D:** El modelo simula la secuencia de construcción de un proyecto, tiempo de ejecución de las distintas actividades.
- **BIM 5D:** El dinero a corto, mediano y largo plazo. Estudio del coste de construcción (presupuesto de la obra, estudio del coste de ciclo de vida). El modelo facilita el cálculo de cantidades de obra.
- **BIM 6D:** El modelo facilita el análisis de sostenibilidad del proyecto, abarca aspectos como: uso de energía, durabilidad de materiales, emisiones, impacto ambiental, etc.
- **BIM 7D:** Mantenimiento, Modelo BIM As-Built, inventario y clasificación de espacios, implantación interior, apoyo a concursos de limpieza, inventario de equipos, ubicación de personas en puestos de trabajo, etc.
- **BIM 8D:** Seguridad, Modelo de Seguridad de Obra, Detección de Riesgos, Plan de Manejo de Desastres, Diseño de espacios seguros y rutas de evacuación. Se propone la Prevención a través del Diseño (PtD).

2.2.2 Lean Construction

Lean Construction (LC), o construcción sin pérdidas, es un complemento para la gestión de proyectos de construcción, tradicionalmente guiada por los lineamientos del *Project Management Institute (PMI)*. El objetivo de LC es optimizar o disminuir los tiempos de entrega de una obra, creando sistemas de producción eficientes con la mínima (o nula) generación de pérdidas [28]. Una de las herramientas Lean más utilizadas es el “*Last Planner System*” (Sistema del último planificador) para cambiar el concepto actual de planificación de obra, analizando las actividades y controlando los impedimentos que se presentan para que se realicen. Las técnicas utilizadas de Lean Construction han demostrado potencial para reducir efectos de factores de riesgo, en proyectos de construcción, en países en vías de desarrollo [29].

2.2.3 Realidad Virtual (RV), Realidad Aumentada (RA) y Realidad Mixta (RM)

Las tecnologías de RV, RA y RM, se fundan en base a conceptos de los años 60, donde Iván Sutherland [30] realiza el primer sistema para colocarlo sobre la cabeza (head-mounted display, HMD) [31]. Estaba suspendido del techo porque era bastante pesado. Estas tecnologías nos brindan un contenido inmersivo. El término “inmersión” nace en la industria del cine y significa introducirse en un mundo artificial, y en la RV se da cuando el usuario experimenta con sus cinco sentidos un mundo virtual e interactúa con el [32].

En 1991 Rheingold [33] define la RV como “una experiencia en la que una persona es rodeado por una representación tridimensional, generada por computadora, y es capaz de moverse en el mundo virtual y verlo desde diferentes ángulos, para alcanzarlo, agarrarlo y remodelarlo.” Es importante mencionar los elementos técnicos que se utilizan para transmitir la presencia de un mundo real, son principalmente motores de video juegos, dispositivos HMD, guantes de datos, entorno virtual asistido por computadora (CAVE). Por otro lado, la Realidad Aumentada es la que permite superponer información digital en tiempo real en el entorno en el que el usuario se desenvuelve [34]. Y, por último, la Realidad Mixta, que superpone series en tiempo real dentro del contenido de RV, esto se logra conectando la cámara real y la virtual, así las personas del mundo físico observan lo que hace el usuario inmerso en RV. Narrar una historia utilizando RV lleva su tiempo, requiere de minuciosos detalles, el sonido, movimiento, efectos de animación bien trabajados, y contenido de calidad en general, ayudan a tener una experiencia lo más cercana a la realidad [32]. En la actualidad se utilizan en distintas industrias para mejorar procesos, reducir tiempos de formación, mejorar sus técnicas, y facilitar tareas de mantenimiento al sobre imprimir instrucciones sobre el campo de visión de un operario que se encuentra frente a una máquina.

2.2.4 Construcción 4.0

El término “Construcción 4.0” se funda del concepto de “Industria 4.0” que es la cuarta revolución industrial que tuvo origen en Alemania, permite la conexión del mundo físico y virtual, centrada en la fabricación inteligente para el futuro [35]. Según Osunsanmi *et al* [36] implementar la Construcción 4.0 mejora el rendimiento de la industria, ya que implementa tecnología moderna que incita la digitalización de la industria, así como la cadena de suministro, ahorrando tiempo y disminuyendo costos. La Figura 6 muestra el concepto de la Construcción 4.0, que tiene como objetivo establecer un espacio de construcción inteligente, simulación y virtualización en las distintas etapas de un proyecto para dar seguimiento a su avance y obtener un mejor rendimiento del proyecto de construcción [37].

La primera etapa, creación del sitio de construcción inteligente nace de la idea de utilizar sensores de internet para monitorear la obra de construcción [36]. Según Costin y Telzer [38], usar RFID (*radio frequency identification*), fomenta la automatización del proceso de construcción, ya que posibilita el seguimiento de herramientas y equipos, previniendo robos y administrando adecuadamente los inventarios. La segunda etapa, simulación de proyectos de construcción, involucra el uso de BIM, RV, impresión 3D, etc. Por lo que vemos, BIM es de las primeras

innovaciones para la Construcción 4.0. Para aprovechar de las ventajas que ofrece BIM, Fernández [39] establece que el uso de BIM debe enlazarse con otras tecnologías como, Cloud computing, para facilitar el flujo de información. Las empresas constructoras de distintas partes del mundo deben tener motivación para acoger estas tecnologías, con mandatos, iniciativas o programas de financiamiento del gobierno [37].

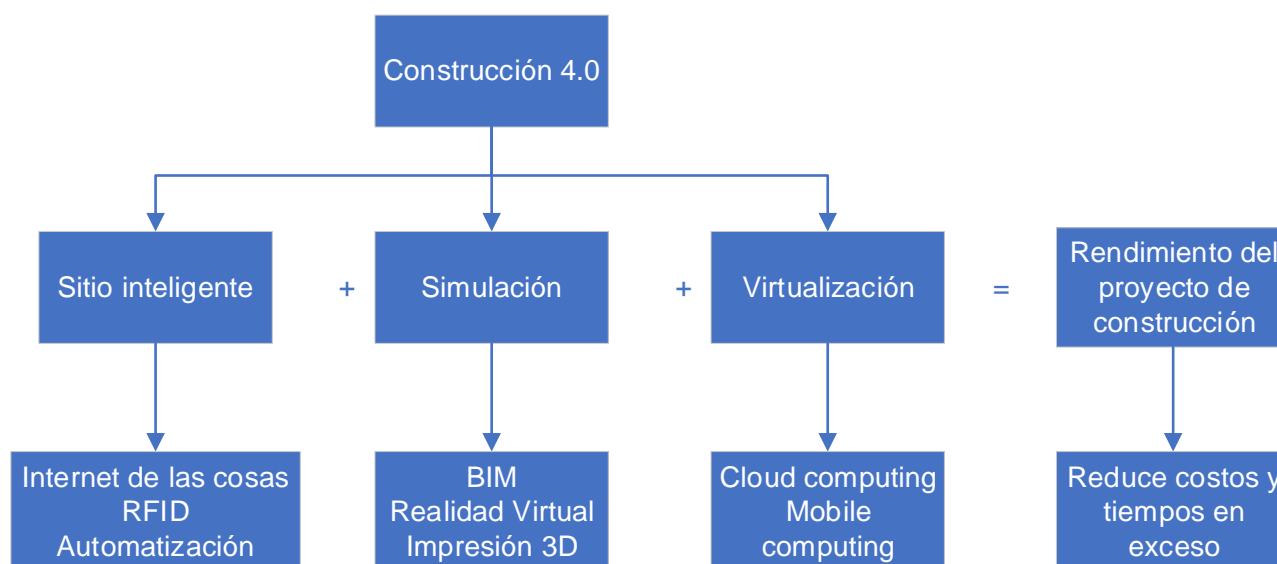


Figura 6. Marco conceptual de la Construcción 4.0

Fuente: Oesterreich y Teuteberg.

2.3 La Seguridad y la Salud en el sector de la construcción.

Según la Organización Internacional de Trabajo (OIT), los trabajadores del sector de la construcción, en todo el mundo, tienen una probabilidad dos veces mayor de resultar lesionados y tres veces mayor de morir, que los trabajadores de otros sectores. El 80% de esos accidentes, según muchos estudios se debe a fallos de organización, planificación y control, y el 20% sobrante a errores de ejecución [40]. En este sentido y para afrontar esta problemática de manera rigurosa, es importante estudiar los indicadores que representan la siniestralidad en el sector. El índice de incidencia, definido por la OIT para España, representa el número de accidentes con baja en jornada laboral, y corresponde al cociente entre la cantidad de accidentes de trabajo por 100 mil (numerador), y la media anual de los trabajadores afiliados al Seguro Social (denominador). Hay países donde se calcula el índice por cada mil, cien mil o doscientos mil trabajadores afiliados [41].

En España el sector de la construcción es el que tiene mayor índice de incidencia de accidentes en jornada con baja (es decir, cuando el trabajador requiere asistencia médica), con 7.982,7 accidentes por 100 mil trabajadores en el año 2018, con respeto a los demás sectores, por encima de la media global que considera todos los sectores de actividad económica, tal como muestra la Figura 7. En ella es posible apreciar los índices de incidencia de los accidentes en España en jornada con baja, en los distintos sectores de actividad económica, en el período comprendido entre 2008 y 2018.

Evidenciándose un descenso hasta el año 2012, debido a la caída en la actividad económica [1], cambiando su tendencia cambia a partir del 2013, donde el índice tiene un aumento significativo hasta el año 2018 del 33%. Según el Ministerio de Trabajo, Migraciones y Seguridad Social (MITRAMISS) esto es debido al incremento de población que trabaja con contingencia profesional por accidente de trabajo, la que llega a alrededor del 3%.

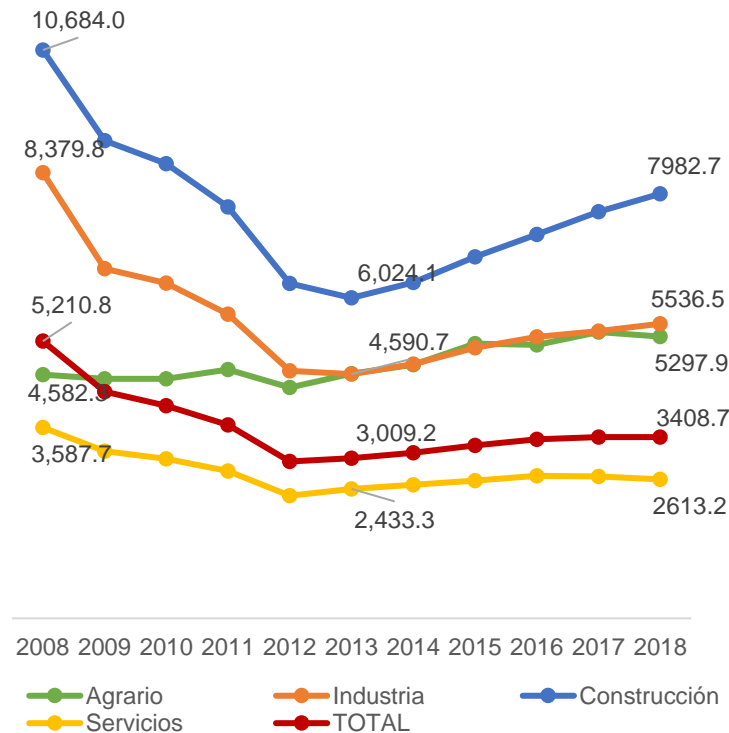


Figura 7. Evolución temporal de los índices de incidencia en los sectores de actividad económica.
Fuente: Anuario de Estadísticas de MITRAMISS 2018.
Elaboración: propia

El índice de incidencia de la construcción en comparación con las otras industrias es mayor y su razón radica principalmente en que la seguridad y la salud en esta industria involucra grandes desafíos por sus características propias, destacándose entornos de trabajo dinámicos, uso de equipos y maquinaria pesada, y la relación aparentemente inevitable de trabajadores y riesgos [42].

2.3.1 Principales causas de mortalidad y de accidentes en el sector de la construcción.

Un extracto del Informe de Pierre Lorent (1989) [43], para determinar el origen de las causas de los accidentes mortales registrados en el sector de la construcción establece que: “El 35% del total de accidentes mortales registrados en obras de construcción se deben a decisiones tomadas en la fase de diseño de la obra. El 28% a deficiencias en la organización y planificación de los trabajos con carácter previo al comienzo de la obra. El 37% restante tiene su origen en cuestiones relacionadas con la fase de ejecución”. Además, “El 35% de los accidentes de trabajo mortales en la obra de construcción son debidos a las caídas de altura. Es principalmente por la consideración de los

riesgos implícitos a los trabajos en la fase de concepción arquitectural, de la concepción material, de los materiales y de los lugares de trabajo que se pueden disminuir” El citado informe estableció las bases para deducir de manera general que las actuaciones en fase de proyecto tienen relación con la seguridad de los trabajos de ejecución de las obras [44].

En 2004 los investigadores Haslam *et al.* [45] hacen un análisis de los factores que se involucran en accidentes laborales de 100 construcciones individuales en Gran Bretaña, obteniendo su porcentaje de participación, donde establecen que el 70% de los accidentes se dan por problemas con los trabajadores o equipo de trabajo, 49% está influenciado por el lugar de trabajo, 27% problemas con los materiales, 56% deficiencias en el equipo, y 84% déficit en la gestión de riesgos, se tiene una suma mayor al 100% dado que en los accidentes están implicados múltiples factores, los que se aprecian en la Tabla 1. Los autores añaden además que muchos de los accidentes ocurren fuera de la tarea, es decir, mientras preparan la actividad o mientras se mueven en el sitio.

Tabla 1. Resumen de factores involucrados en 100 accidentes [45].

Categoría	Factores involucrados	% involucrado
Trabajador y equipo de trabajo	Acciones / comportamiento del trabajador	70
	Capacidades de trabajadores (conocimientos / habilidades)	
	Comunicación	
	Supervisión inmediata	
	Salud del trabajador / fatiga	
Lugar de trabajo	Condiciones del sitio (excluyendo equipos, materiales, clima)	49
	Diseño del sitio / espacio	
	Ambiente de trabajo (iluminación / ruido / calor / frío / húmedo)	
	Horario de trabajo	
Materiales	Limpieza interna	27
	Idoneidad de los materiales	
	Usabilidad de los materiales	
Equipo	Condición de los materiales	56
	Idoneidad del equipo	
	Usabilidad del equipo	
Influencias originarias	Condición del equipo	94
	Diseño de obras permanentes.	
	Gestión de proyectos	
	Procesos de construcción	
	Cultura de seguridad	
	Gestión de riesgos	

*Por la implicación de múltiples factores se tiene una suma mayor al 100%

No es sorprendente que la mayoría de accidentes presenten deficiencias en Cultura de Seguridad, ya que los accidentes involucran constantemente un riesgo que no está controlado adecuadamente, lo que señala un fracaso en la administración, Haslam *et al.* [45], indican que es digno de alegar que la mayoría de los accidentes estudiados podrían haberse previsto y prevenido. Además, mencionan que con frecuencia no se realizaban las evaluaciones de riesgo para las actividades del accidente, pese a que es un requisito legal. Cuando estas existían, a menudo formaban parte de una explicación del método, cuya aplicabilidad a las circunstancias reales era limitada. Estos

estudios concluyen que existe un fracaso generalizado de la industria de la construcción en una Gestión de Riesgos efectiva.

Posteriormente, Casanovas *et al.* [46] identifican los principales riesgos laborales asociados a las actividades en la construcción, analizando primero la notable legislación europea y española, guías técnicas, etc., realizan entrevistas a expertos en el ámbito, uno de ellos investigador de la mayoría de accidentes de construcción que se dan en Cataluña y establecen 29 de los principales riesgos de seguridad y salud en la construcción y sus actividades asociadas, se aprecian detalladas más adelante, en la Tabla 2. Es importante tener claro que la incidencia de los distintos riesgos dependen del tipo de obra de construcción, la etapa en la que se encuentre, los materiales, el equipo y la maquinaria utilizada [47].

Los estudios antes citados reflejan la importancia crítica que existe en el sector de la construcción para que los encargados del diseño, organización, formación, ejecución y control, tengan la necesidad inherente de poseer y aplicar una cultura de seguridad y salud.

Tabla 2. Principales riesgos asociados a las actividades de la construcción.

Riesgos	Actividad
1 Caídas a niveles inferiores	Trabajo en alturas o profundidades > 2 m.
2 Contacto eléctrico directo o indirecto	Trabajo cerca de líneas eléctricas y con equipos eléctricos en condiciones húmedas. a. Trabajo en líneas eléctricas aéreas u otros elementos vivos sin protección (en área peligrosa). b. Trabajo cerca de líneas eléctricas aéreas u otros elementos vivos sin protección. c. Trabajo cerca de líneas eléctricas subterráneas vivas. d. Trabajo con equipos eléctricos en condiciones húmedas.
3 Quemaduras causadas por fuego o explosión por una tubería rota	Trabajo cerca de las tuberías de combustible.
4 Inhalación de gas	Trabajo cerca de tuberías de gas.
5 Atrapamiento y asfixia posterior debido a un deslizamiento de tierra	Movimiento de tierras, excavaciones, pozos, trabajos subterráneos y túneles.
6 Proyección de partículas y explosión accidental	Voladuras para excavación, pozos, trabajos subterráneos y túneles.
7 Enfermedad por descompresión	Trabajo en condiciones hiperbáricas.
8 Colisión o atropello por carga en movimiento o su desprendimiento	Manipulación mecánica de la carga.
9 Golpes a las extremidades superiores e inferiores	Manipulación manual de la carga.
10 Colisión o atropello por equipo pesado o vehículos pesados	Trabajo con equipos pesados o vehículos pesados.
11 Cortes, traumatismos cerrados y otras lesiones por equipos livianos	Trabajo con equipos livianos.
12 Quemaduras	Soldadura
13 Lesiones debidas al impacto de la caída de objetos y proyectiles	Demolición manual, mecánica o explosiva; perforación de pozos antes de la voladura de una pendiente de corte y posterior limpieza y levantamiento de campo.
14 Envenenamiento agudo por polvo y toxinas	Demolición manual, mecánica o explosiva de estructuras o edificios, hospitales, fábricas o cualquier otro lugar que pueda contener sustancias tóxicas en particular.
15 Asfixia o envenenamiento en espacios confinados	Trabajo en espacios confinados.
16 Ahogamiento	Trabajo en áreas con riesgo de inundación.
17 Colisión o atropello de vehículos no relacionados con la construcción	Trabajo en áreas con tráfico no relacionado con el trabajo de construcción.
18 Accidente de tránsito	Transporte de equipos y materiales al sitio de construcción.
19 Riesgo estructural	Operaciones o estructuras complejas.
20 Caídas del mismo nivel	Todo tipo de trabajo.
21 Golpe de calor, lesiones relacionadas al frío y quemaduras solares	Trabajo al aire libre en condiciones climáticas adversas.
22 Aumento general de la probabilidad de accidente	Trabajo nocturno o trabajo en condiciones de visibilidad reducida.
23 Lesiones en la espalda	Manipulación manual de la carga.
24 Enfermedades articulares y óseas	Trabajos que implican exposición a vibraciones mecánicas.
25 Sordera	Trabajo que implica exposición al ruido.
26 Enfermedad por descompresión	Trabajo en condiciones hiperbáricas.
27 Enfermedades causadas por el asbesto	Trabajo que implica una posible exposición al asbesto.
28 Enfermedades causadas por la radiación ionizante	Trabajo con equipos que generen radiación ionizante.
29 Silicosis	Trabajo que produce altas concentraciones de polvo de sílice.

2.4 Cultura de Seguridad en el sector de la Construcción

El término “Cultura de Seguridad” se remonta al año 1986 donde ocurrió el accidente nuclear de Chernobyl, situación en la que se identificó una cultura de seguridad deficiente como factor que contribuyó a la catástrofe [48]. A partir de ahí su implementación deficiente se ha especificado como fuente clave de accidentes laborales [49]. La Cultura de Seguridad en la Construcción se define como un conjunto de creencias, normas, actitudes y prácticas técnicas individuales y grupales que se ocupan en minimizar los riesgos y la exposición de los trabajadores y el público a actos y condiciones inseguras en el entorno de la construcción [50] [51]. Los elementos tradicionales de prevención de riesgos laborales están destinados a proteger a los trabajadores en tiempo real: los EPI tales como casco o guantes; los EPC como las redes de seguridad o barandillas, o los más recientes dispositivos electrónicos que disparan alarmas ante los riesgos. Sin embargo, la cultura de prevención persigue una protección a medio – largo plazo de los trabajadores, haciendo que sus conocimientos, modos de trabajo y rutinas sean lo más seguras posible.

Una buena cultura de seguridad tiene las siguientes características:

- El valor y la creencia en la seguridad laboral se comparten profunda y ampliamente dentro de la organización;
- Los trabajadores tienen patrones particulares de actitudes y creencias con respecto a las prácticas de seguridad;
- Los trabajadores pueden estar alertas ante cambios inesperados y pedir ayuda cuando se encuentran con un peligro desconocido;
- Los trabajadores buscan y usan la información disponible que mejora el desempeño de seguridad;
- La organización tiene un sistema de gestión de seguridad operacional, y este sistema se aplica a la práctica y se revisa regularmente;
- La organización alienta y recompensa a las personas que llaman la atención sobre los problemas de seguridad y que son innovadores para encontrar formas de localizar y evaluar los peligros; y
- La organización cuenta con mecanismos sistemáticos para recopilar información relacionada con la seguridad, medir el desempeño de seguridad y reunir a las personas para aprender a trabajar de manera más segura.

Su beneficio es brindar eficacia a una empresa y éxito a su seguridad. Todo el personal del proyecto y de la compañía debe tener hábitos de prácticas seguras. Para adoptar estos hábitos es primordial el conocimiento e implementación de las normas y pautas gubernamentales de salud y seguridad en el sector. Después dependerá de la estrategia que use cada empresa. Se pueden usar tecnologías de vanguardia para fomentar la cultura preventiva [52].

2.4.1 Marco normativo de PRL en el sector de la construcción en España

La Ley 31/1995 Prevención de Riesgos Laborales [53], contiene medidas preventivas básicas en el ámbito laboral con el objetivo de que se eliminen o disminuyan los riesgos laborales. En su Art. 14.2 se indica la obligatoriedad del empresario en garantizar la seguridad y salud de sus trabajadores. La ley estimó como pilar fundamental la formación. Los gerentes y directivos necesitan de esta para potenciar las acciones preventivas y ejercer sus labores de manera eficaz. Se fundamenta esencialmente en el Art. 2 que promueve la seguridad de los trabajadores mediante la prevención de riesgos laborales [54].

Posteriormente se desarrolla el Real Decreto 39/1997, donde se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención (RSP). El Reglamento indica como confrontar a la PRL. Lo primero es evaluar riesgos, segundo planificar una acción preventiva, que pende de la empresa y el peligro de cada actividad. Tercero hacer su seguimiento [54].

Posterior el Real Decreto 1627/1997, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción [55]. Aparece por primera vez en España la figura de Coordinador de Seguridad y Salud. La directiva determina dos figuras que son: el Coordinador de Seguridad y Salud durante la realización del proyecto de obra y el Coordinador de Seguridad y Salud durante la ejecución de la obra [56].

Ante la deficiente adaptación de la normativa a las empresas, reflejada en los altos índices de siniestralidad [54], se aprueba la Ley 54/2003 [57] y su consecutiva ordenanza de desarrollo Real Decreto 604/2006 [58]. Aquí se establecen 4 objetivos principales: combatir la siniestralidad laboral, promover una cultura de PRL que consolide el cumplimiento de normas de prevención, fortalecer la necesidad de incorporar la PRL al sistema de gestión de las empresas y, mejorar el control de desempeño de la normativa, mejorando el control y adaptando sanciones a la norma.

El “Plan de actuación para la mejora de la seguridad y salud en el trabajo y la reducción de los accidentes de trabajo” del 2005, aprobada por el Gobierno, contempla como requisito elaborar una Estrategia Española para instaurar un régimen preventivo a corto y largo plazo. Esto se tradujo en la primera Estrategia Española de Seguridad y Salud en el Trabajo 2007-2012. Con el objetivo de disminuir la siniestralidad laboral y acercarse a los valores medios de la Unión Europea. Ella incluía medidas para reformar la normativa, potenciar al asesoramiento técnico a empresas y fortalecer la formación en prevención en el ámbito educativo y laboral [59].

En el 2012 entra en vigor el V Convenio Colectivo General del Sector de la Construcción, estableciendo un cambio significativo en la gestión de PRL en el sector, específicamente en la gestión de la formación con la aparición de la tarjeta profesional de la construcción como instrumento de acreditación de la formación. Se establecen obligaciones respecto a protecciones colectivas, condiciones generales de ejecución de obra, uso de andamios, escaleras, etc.[60].

La comisión europea define 3 acciones en el Marco Estratégico Europeo en materia de Seguridad y Salud 2014-2020, que se fundamentan en la evaluación ex post (después del hecho), y en el Informe del Parlamento Europeo de 2015 sobre el Marco Estratégico de SST 2014-2020. Establecen

desarrollar propuestas legislativas, concientizar y guiar; ayudar especialmente a las pequeñas y medianas empresas (PYMES) a cumplir con la normativa. Son las que mayor número de accidentes graves o mortales presentan. Además, establecen actualizar la normativa y eliminar prescripciones obsoletas [61].

El Gobierno, Comunidades Autónomas e Interlocutores Sociales de España diseñan la Estrategia Española de Seguridad y Salud en el Trabajo 2015/2020. Consideran primordial que las empresas incorporen en sus planes de trabajo medidas para cumplir los objetivos establecidos en la estrategia. Estos objetivos proponen líneas de actuación y medidas preventivas. La Estrategia Española de Seguridad y Salud en el Trabajo 2015/2020, plantea en sus objetivos generales fomentar la adecuada aplicación de la legislación en materia de seguridad y salud laboral. Fortalecimiento en las Comunidades Autónomas, particularmente en las PYMES. Apoyar la mejora continua de condiciones de trabajo. Los objetivos específicos son, mejorar la eficiencia de las Instituciones dedicadas a la PRL, promover la mejora de condiciones de Seguridad y Salud en el Trabajo (SST) y la implicación de empresarios y trabajadores. Las líneas de actuación de mayor interés son, reforzar la cooperación para optimizar la I+D+i en seguridad y salud en el trabajo. Crear instrumentos que faciliten y homogenicen la gestión preventiva en las PYMES y promover el compromiso de la empresa en la colaboración de los trabajadores en la actividad preventiva [59].

Existe una amplia legislación referente a la Prevención de Riesgos Laborales, Guías Técnicas del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, para orientar acerca de los reglamentos de la LPRL. Reales Decretos como el Real Decreto 486/1997 [62], por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo, o el Real Decreto 1215/1997 [63], para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo, no son suficientes. Existe la necesidad de actualizar la normativa, e incluir sistemas de aprendizaje nuevos, con el uso de tecnologías disponibles.

2.4.1.1 Coordinador de Seguridad y Salud

El Coordinador de Seguridad y Salud durante la elaboración del proyecto, se designará por el promotor según el Art 3.1 del Real Decreto 1627/1997 cuando en la elaboración del proyecto de obra participen varios proyectistas. Sin embargo, la “Guía Técnica para la Evaluación y Prevención de los Riesgos Relativos a las Obras de Construcción” en el Art. 2, inciso d, establece que cuando la totalidad del proyecto sea encargado por el promotor a una persona física o jurídica, esta es la única responsable del proyecto, aunque esta subcontrate en el proyecto [64]. Por lo que se puede evitar la designación del coordinador durante la elaboración del proyecto de obra [56]. Por otro lado, es importante mencionar que en caso de accidentes laborales no es usual que las obligaciones civiles y penales se extiendan a los implicados en las fases de proyecto [65].

El Coordinador de Seguridad y Salud durante la ejecución de la obra, según el Art. 2, inciso f, del Real Decreto 1627/1997, tiene la obligación de coordinar el uso de los fundamentos de prevención y seguridad. La coordinación debe hacerse cuando toma decisiones técnicas y al valorar el tiempo

necesario para la realización de trabajos. Debe garantizar que los contratistas, subcontratistas y trabajadores apliquen y se adapten a tareas como: mantener la obra en buen estado, emplazar áreas de trabajo, control de instalaciones, almacenamiento de materiales peligrosos, etc. Tiene que aprobar el PSS, acoger medidas para que el ingreso a la obra sea solo de personas autorizadas, entre otros [55].

Es indispensable mencionar el trabajo y responsabilidad de un Coordinador de Seguridad y Salud ya que es el máximo responsable de la PRL de una obra, seguido por el Técnico en PRL (que será designado por el Coordinador) y después el recurso preventivo. El CSS es denominado por el promotor y puede ser un arquitecto, arquitecto técnico, ingeniero o ingeniero técnico [66]. Es importante mencionar que cuando no es necesaria la nominación de un coordinador, su responsabilidad asume la dirección facultativa [67].

2.4.2 Documentos preventivos de una obra de construcción

Los instrumentos preventivos de una obra de construcción, regulados por el Real Decreto 1627/1997, son el Estudio de Seguridad y Salud, el Plan de Seguridad y Salud y el Libro de incidencias, que pretende materializar y asegurar los elementos de la acción preventiva definidos en el Art. 15 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales [68].

2.4.2.1 Estudio de Seguridad y Salud

El Estudio de Seguridad y Salud (ESS) o el Estudio Básico de Seguridad y Salud (EBSS) es el instrumento base para la PRL en una obra de construcción. El estudio de Seguridad y Salud será obligatorio por parte del promotor según lo dictado en el Art 4. del Real Decreto 1627/1997, si en los proyectos de obras se da uno de los siguientes supuestos, “a) Que el presupuesto de ejecución por contrata incluido en el proyecto sea igual o superior a 75 millones de pesetas; b) Que la duración estimada sea superior a 30 días laborables, empleándose en algún momento a más de 20 trabajadores simultáneamente; c) Que el volumen de mano de obra estimada, entendiéndose por tal la suma de los días de trabajo del total de los trabajadores en la obra sea superior a 500; d) Las obras de túneles, galerías, conducciones subterráneas y presas”. Si el proyecto no cumplen una de las condiciones anteriormente mencionadas, el promotor debe realizar un estudio básico de seguridad y salud según el Art. 6 del Real Decreto 1627/1997 [55].

El promotor designará a un coordinador responsable en materia de seguridad y salud mientras se efectúe el proyecto de obra para elaborar dicho estudio, y según el Art 5.2 del Real Decreto 1627/1997 [55], tendrá como mínimo:

- a) Memoria descriptiva: procesos, equipos técnicos, medios auxiliares, indicar las técnicas a utilizarse para evitar riesgos, revisar servicios sanitarios, condiciones de entorno, características de materiales.
- b) Pliego de condiciones: reglas que se adaptan a las especificaciones técnicas, recomendaciones para utilización y preservación de equipos y herramientas.
- c) Planos: gráficos y esbozos para entender las medidas preventivas descritas en la memoria.

- d) Mediciones: de todos los elementos de seguridad y salud que hayan sido descritos.
- e) Presupuesto: gastos para cumplimiento del estudio de seguridad y salud.

2.4.2.2 Plan de Seguridad y Salud

Según el Art. 7 del Real Decreto 1627/1997, cada contratista de una obra realizará su Plan de Seguridad y Salud donde se estudiarán y complementarán las condiciones establecidas en el ESS o EBSS, según la estructura de cada empresa contratista. Aquí no se podrá disminuir protecciones establecidas en el ESS o EBSS, pero podrá incorporar medidas alternativas de prevención, las cuales incluirán su estimación económica [55].

Antes del inicio de obra, el plan debe ser aprobado por el coordinador de seguridad y salud de la obra y considerar las empresas implicadas, técnicos de seguridad, representantes de los trabajadores y dirección facultativa, quienes también podrán presentar sugerencias. Este documento estará disponible en fase de proyecto y en fase de construcción [55].

2.4.2.3 Libro de incidencias

Según el Art. 13 del Real Decreto 1627/1997, en el lugar de trabajo existirá un Libro de Incidencias con el propósito de inspeccionar y dar seguimiento a cada Plan de Seguridad y Salud, se compone de hojas por duplicado. Este libro de incidencias será facilitado por el colegio profesional al que corresponda el técnico que aprobó el plan de seguridad y salud, o por la Oficina de Supervisión de Proyectos u órgano equivalente cuando se trate de obras de las administraciones públicas [55].

Es responsabilidad del coordinador en materia de seguridad y salud mantener el Libro de Incidencias en la obra, o por la dirección facultativa cuando no es imprescindible la designación del coordinador; y a disposición de contratistas y subcontratistas, trabajadores autónomos, así como las personas u órganos con responsabilidades en materia de prevención, representantes de los trabajadores y técnicos de los órganos especializados en materia de seguridad y salud en el trabajo de las Administraciones públicas competentes.

Efectuada una anotación, el coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de la obra (o la dirección facultativa) deberá remitir, en el plazo de 24h una copia a la Inspección de Trabajo y Seguridad Social de la provincia donde se realiza la obra y notificar las anotaciones al contratista afectado y a los representantes de los trabajadores.

2.4.3 Niveles de cualificación en PRL, sus funciones y formación.

En el Real Decreto 39/1997 [69], Capítulo VI se describen las funciones de los 3 niveles de formación en PRL; nivel básico, intermedio, y superior, la Tabla 3 indica estas funciones.

Para las funciones de nivel básico, reguladas en el Art. 35 del Real Decreto 39/1997, se requiere una formación mínima de 30 horas, o 50 horas cuando realiza actividades de especial peligrosidad. Su formación específica en PRL debe ser avalada mediante un certificado y emitida por un servicio de prevención, entidad pública o privada, capacitada para realizar formación en la materia. O debe justificar experiencia mayor o igual a 2 años en una empresa o administración pública con responsabilidades similares a las estipuladas. Se exige que los niveles de cualificación preexistentes deben ser mejorados progresivamente [69].

Para las funciones del nivel intermedio, reguladas en el Art. 36 del Real Decreto 39/1997, se precisa una formación mínima de 300 horas con el contenido especificado en el programa indicado en el Anexo V [69]. La habilitación para ejercer funciones de nivel medio exige una titulación de Técnico Superior en Prevención de Riesgos Profesionales.

La habilitación para ejercer funciones de nivel superior, reguladas en el Art. 37 del Real Decreto 39/1997, exige una titulación universitaria oficial y formación mínima acreditada por una universidad cuya formación tenga una duración mayor o igual a 600 horas y una distribución de horas conveniente a cada proyecto formativo [69].

Tabla 3. Responsabilidades de los distintos niveles de formación en PRL

Nivel	Funciones
Básico	Fomentar uso correcto de ropa e instrumentos de trabajo Fomentar orden, limpieza, uso de señalización y controlar su cumplimiento Evaluar riesgos e implementar medidas de prevención. Contribuir en la valoración y control de riesgos generales y específicos Dirigir intervenciones Necesarias en casos de emergencia y primeros auxilios.
Intermedio	Fomentar la prevención en la empresa Evaluar riesgos excepto los que corresponden a nivel superior Sugerir medias para la disminución de riesgos. Informar y formar de manera básica a los trabajadores (Art.19 de la LPRL) Controlar condiciones de trabajo y supervisar el cumplimiento del plan de reducción de riesgos Planificar actividades preventivas y presidir intervenciones de emergencia y primeros auxilios. Participar en servicios preventivos Cualquier función de colaboración al nivel superior.
Superior	Las funciones correspondientes al nivel intermedio Evaluar riesgos cuando su desarrollo exija estrategias de evaluación que garantice resultados Formar en términos generales a todos los niveles en materia de su especialidad. Planificar actividades preventivas que involucren distintos especialistas Supervisar la salud de trabajadores, con protocolos estipulados en el RD 39/1997.

2.5 Técnico Superior en Prevención de Riesgos Laborales.

Han pasado más de 20 años desde el origen de esta profesión reglada. En España no existe un número preciso de TPRL, pero se considera que no supera a los 10.000. El trabajo de un TPRL

exige el dominio de 4 especialidades (Seguridad en el trabajo, higiene industrial, ergonomía y psicología aplicada) [3], para lo cual debe recibir formación profesional.

2.5.1 Formación profesional de Técnico Superior en PRL

El Real Decreto 1161/2001 de 26 de octubre, por el que se establece el título de formación profesional de Técnico Superior en Prevención de Riesgos Profesionales y las correspondientes enseñanzas mínimas. Indica en el Anexo V que este técnico tiene una formación de 2.000 horas (en centro educativo, más la formación en centro de trabajo correspondiente) [2]. Además, el Técnico en PRL tiene 5 unidades de competencia y dependiendo cual sea el enfoque que se le asigne, tendrá establecidos distintos criterios de realización de actividades:

1. Gestionar la prevención de riesgos en el proceso de producción de bienes y servicios.
2. Evaluar y controlar los riesgos derivados de las condiciones de seguridad.
3. Evaluar y controlar los riesgos derivados del ambiente de trabajo.
4. Evaluar y controlar los riesgos derivados de la organización y de la carga de trabajo.
5. Actuar en situaciones de emergencia.

2.5.2 Consecuencias para los Técnicos de PRL en caso de accidentes laborales

Todos los trabajadores poseen obligaciones en PRL, pero no todos tienen responsabilidad. Mientras más responsabilidad, más obligaciones, esto sucede con los técnicos de PRL [70]. Un accidente laboral tiene sus consecuencias en el ámbito jurídico, las que pueden ser de carácter penales, administrativas, seguridad social, laborales. Estas consideran penas de cárcel, multas y/o pagos de cantidades de dinero elevadas que podrían quebrar a una pequeña o mediana empresa [71]. Razón suficiente para alertar a los profesionales de la PRL.

El Tribunal Supremo señala que *“en el mundo laboral todos los que ostentan mando o dirección técnicos o de ejecución y tanto se trate de mandos superiores como subalternos, están inexcusablemente obligados a cumplir cuantas prevenciones establece la legislación de trabajo para evitar accidentes laborales y para preservar y tutelar la vida, la seguridad y la integridad de los trabajadores, tanto si ejercen estas funciones reglamentariamente como si las actúan de hecho, incurriendo en responsabilidad criminal si en el cumplimiento de tales deberes se muestran remisos o indolentes y con dicha conducta causan o contribuyen a un resultado dañoso o a una situación de grave peligro.”* [68].

2.6 Prevención en el diseño

El Informe Lorent (1989) estableció las bases para expresar que la calidad de trabajo que afrontan los trabajadores a lo largo de la ejecución de una obra, en su mantenimiento y futura explotación dependen de las decisiones tomadas en las fases de concepción y diseño de la obra [72], con el mismo concepto, Szymberski [73] en su estudio de la industria de la construcción concluyó que la mejora en PRL se da cuando la seguridad es una de las prioridades en las fases preliminares, así

presenta la Curva de Influencia Tiempo/Seguridad, Figura 8 nos indica que retardar las actuaciones preventivas a la fase de ejecución, resta eficacia a estas pero además, pierde las ventajas que ofrece el diseñar de manera eficaz para la PRL [44]. El citado Informe Lorent ha motivado a numerosos estudios de investigación a nivel internacional, uno de ellos Haslam [45] que también sostiene la superioridad causal de los factores que se definen en las fases preliminares de la obra (exigencias del cliente, limitaciones económicas y formación de los agentes) sobre los factores afines a la fase de ejecución.

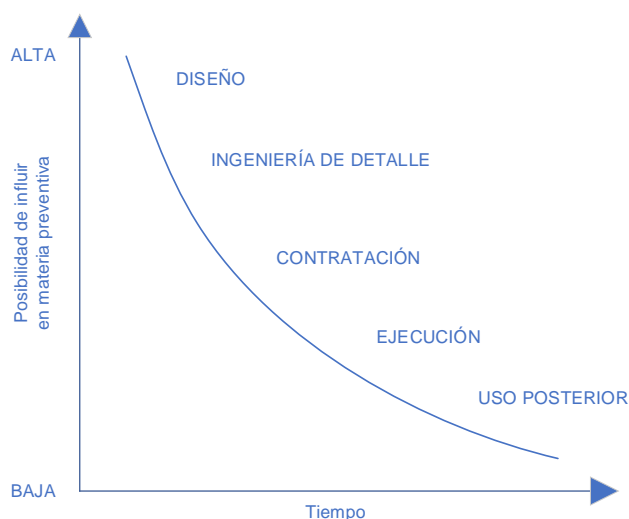


Figura 8. Seguridad de los trabajos en función del avance del proyecto.
Fuente: Szymberski [73].

En base a los citados estudios, se puede afirmar que las decisiones de diseño tomadas en la fase de proyecto, tiene relación con la siniestralidad laboral y las condiciones de trabajo en la fase de ejecución. En las etapas de diseño, los diseñadores pueden intervenir en la seguridad de la construcción, evitando trasladar ciertos riesgos a la etapa de ejecución de la obra, creando soluciones de diseño que disminuyan o eviten riesgos laborales. La Prevención en el Diseño (PtD) tiene ventajas que conducen a, visualización de la colocación de medidas de protección y su análisis si son o no correctos, detección de interferencias con actividades que pueden ocasionar otros riesgos, rastreo de zonas o los momentos más riesgosos de la obra, limitación en la improvisación, aprovechamiento de la innovación tecnológica y así actualizar la planificación y la simulación 4D en cualquier fase de la construcción [44].

La Figura 9 representa la naturaleza compleja del indicador de seguridad dependiente del tiempo que está disponible para diferentes niveles dentro de una organización mediante el uso de métodos de grabación manuales y/o automatizados. Como los interesados en la construcción requieren diferentes datos de seguridad en distintos intervalos de tiempo, la tecnología puede ayudar temprano en un proyecto mediante la seguridad automatizada en la verificación del diseño [74].

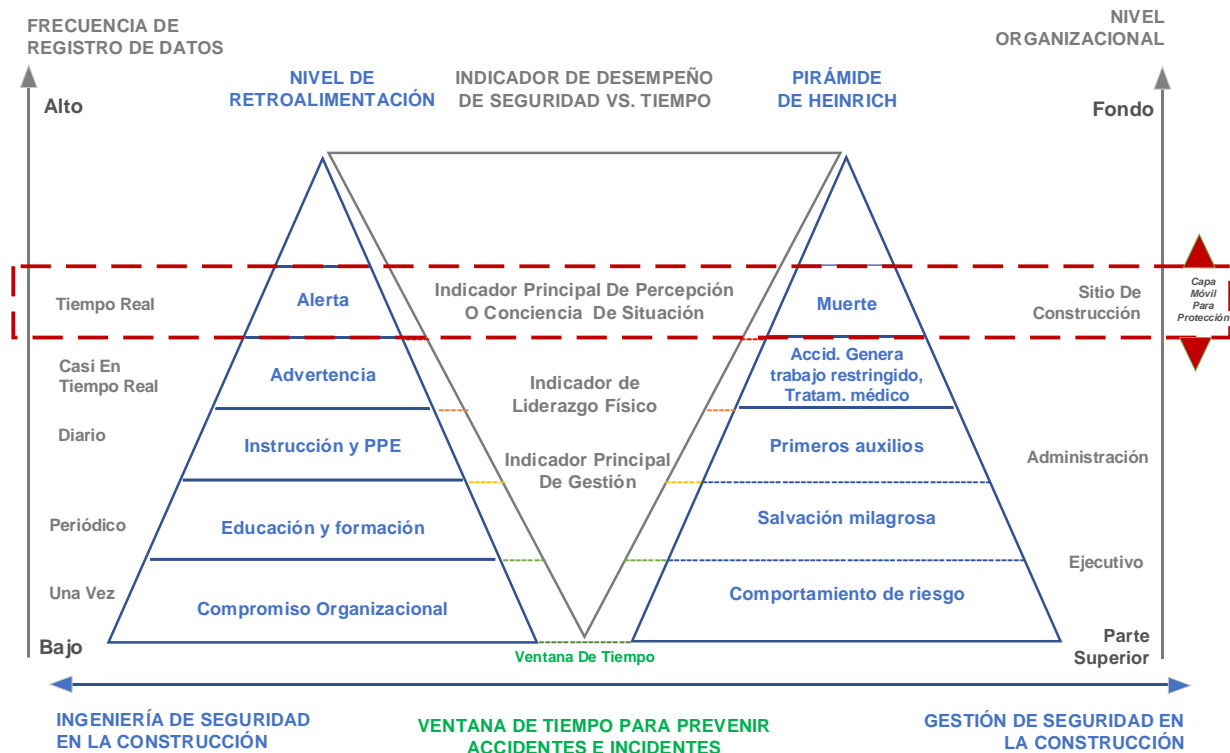


Figura 9. Seguridad en la construcción en el momento adecuado y marco de salud de "capas móviles para protección" aborda el período crítico para la prevención y respuesta a accidentes. Traducido de Teizer [74].

En la Figura 9, se observa la "Pirámide de Heinrich" tal como lo describe H. Heinrich en la segunda edición de su libro Prevención de accidentes industriales: un enfoque científico. Y sugiere: "Prevenga los accidentes y las lesiones se cuidarán a sí mismas" [75]. Compromiso que surge desde el compromiso organizacional, que es la base para una cultura en seguridad, seguido de que la parte ejecutiva ofrezca educación y formación en PRL, es en esta etapa donde se dispone de más tiempo para prevenir accidentes laborales. La integración de la tecnología en formación en PRL puede ser un intento de mejorar la cultura de seguridad, donde desempeñan un papel importante los avances de los medios digitales y la RV [4].

2.7 Tecnología para formación en prevención de riesgos laborales

El error humano ha sido considerado como un factor responsable de hasta el 80% de los accidentes laborales en aviación, petroquímica, cuidado de la salud, construcción, minería e industrias de energía nuclear [76][77]. Los errores humanos no se pueden eliminar, pero pueden reducirse mediante una formación efectiva [78][79]. Saleh y Pendly [4] observaron que los sistemas educativos de PRL no logran el objetivo deseado, ni se tratan con la debida importancia, por lo que nace la necesidad de desarrollar un sistema educativo interactivo y efectivo para que los participantes (estudiantes, profesionales de la construcción, trabajadores), tengan el conocimiento necesario en PRL y adquieran fácilmente experiencia. Los profesionales de la educación ven el entusiasmo y las largas horas que las personas pasan jugando desafiantes juegos de computadora, imaginan usar este medio para enseñar contenido educativo. Por lo tanto, el uso de *Serious Games*

para motivar a los estudiantes tiene potencial para los educadores [5]. Las investigaciones centradas en el uso de estos juegos indican un aumento de la interacción social [80], beneficios de aprendizaje experiencial y constructivismo [6] y aumento del logro del aprendizaje cognitivo [7].

Se utilizan juegos serios para el entrenamiento de seguridad en diferentes industrias, por lo que la Administración de Seguridad y Salud Ocupacional (OSHA), analiza su potencial y desarrolla una herramienta de capacitación interactiva en línea, basada en *Serious Games*, Figura 10, para enseñar los conceptos principales de identificación y control de riesgos [81].



Figura 10. Herramienta de capacitación de identificación de peligros de OSHA

Lin *et al.* [8] destacan que un *Serious Game* con RV proporciona un entorno de entrenamiento completo e inmersivo. Lo definen como un juego serio que toma la tecnología de videojuegos recreativos, en escenarios que simulen situaciones reales Figura 11, para enseñar sobre seguridad y salud, que permite, por ejemplo, a los trabajadores de la construcción familiarizarse con los riesgos comunes, y simular prácticas de prevención relevantes sin repercusiones de lesiones reales. Esta tecnología es posible que no solo mejore la conciencia de los alumnos sobre los riesgos en el entorno laboral real, sino que también, influya inconscientemente en sus comportamientos de rutina que conducen a la cultura de seguridad [52].

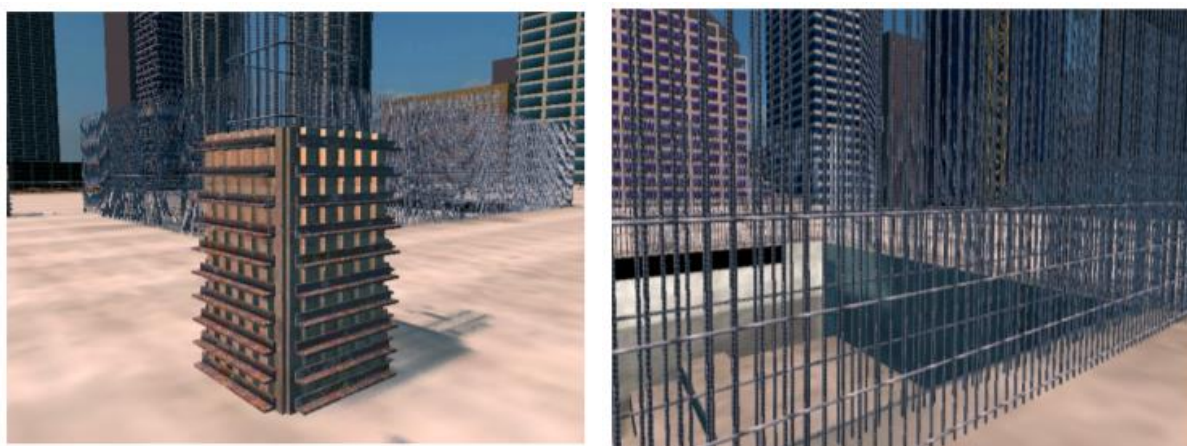


Figura 11. Texturas para encofrados de hormigón y Texturas para refuerzos [8]

Dickinson *et al.* [82], desarrolla un *Serious Game* para la educación en seguridad de trincheras Figura 12, y sus resultados indican que estos aumentan la participación de estudiantes, aunque existe la limitación de que no existe un método sólido para medir la transferencia y retención de conocimiento después de las actividades educativas. Además de crear experiencias de capacitación interactivas, la RV tiene potencial para mejorar la formación en PRL de trabajadores analfabetos, ya que en varios países existen trabajadores inmigrantes que suelen desconocer el idioma local o que incluso son analfabetos en su mismo idioma. La manera directa de solucionarlo consiste en emplear advertencias y señales visuales, pero los programas de capacitación con RV pueden desempeñar un papel mucho más importante y a un nivel más avanzado. Es por ello que Squelch [83] desarrolla un simulador de capacitación para evitar el problema de alfabetización o lenguajes particulares de los alumnos. Muchos otros autores han desarrollado herramientas para formación, algunos integran modelos BIM a *Serious Game*, desarrollan plataformas multi usuario, y utilizan RV para sus entrenamientos, ejemplos notables son presentados en la Tabla 4, donde se explica el propósito de cada autor y el beneficio obtenido.



Figura 12. Escenas del juego de seguridad en Zanjas [82].

La interacción dentro de un entorno virtual activa la percepción, memoria, y procesos cognitivos de toma de decisiones en un usuario, que pueden conducir a una mejor comprensión de una situación [84]. Incluso se han desarrollado entornos de realidad virtual multiusuario [85], donde los participantes pueden interactuar en un entorno virtual en una obra de construcción, siendo de ayuda para la identificación de peligros debido a actividades simultáneas.

Tabla 4. Resumen de aplicaciones de *Serious Game* y RV en formación de PRL en la construcción

Autores	Propósito	Beneficio
Squelch (2001)	Desarrollar un simulador de capacitación para identificar los peligros de caída en la industria minera.	Crear un medio efectivo para que los trabajadores analfabetos de la industria minera identifiquen los peligros.
Hadikusumo & Rowlinson (2004)	Desarrollar de una herramienta de diseño para la seguridad (DFSP).	Capturar el conocimiento tácito de seguridad de los ingenieros de seguridad sobre los riesgos y precauciones de seguridad en la construcción.
Chantawit et al. (2005)	Desarrollar una plataforma para integrar modelos 3D y preocupaciones de seguridad con un cronograma del proyecto.	Permitir a los usuarios analizar la secuencia de construcción, medir las interacciones espaciales y temporales, y monitorear medidas de seguridad que se requieren para realizar trabajos específicos.
Zhao et al. (2009)	Desarrollar un programa de capacitación en seguridad eléctrica para mejorar la conciencia de los trabajadores.	El desarrollo de varios módulos de capacitación permite clasificar los peligros y escenarios relevantes para evitar sobrecargar a un usuario con información.
Rüppel & Schatz (2011)	Desarrollar un método de implementación eficiente para llevar BIM y <i>Serious Game</i> a la exploración del edificio en proceso de evacuación.	Utilizar las capacidades de BIM junto con simulaciones de ingeniería
Dickinson et al. (2011)	Desarrollar un <i>Serious Game</i> para la educación en seguridad de trincheras.	Involucrar a los estudiantes y proporcionar un medio innovador para actividades prácticas.
Guo et al. (2012) Li et al. (2012)	Desarrollar un sistema de capacitación en seguridad virtual multiusuario para operaciones de plantas de construcción.	Desarrollar un entorno virtual fácil para múltiples usuarios que permita a los alumnos colaborar entre ellos.
Park & Kim (2013)	Desarrollar un marco para integrar BIM y seguimiento de ubicación, realidad aumentada y tecnologías de juego.	Mejora de la identificación de riesgos y la comunicación en tiempo real entre los gerentes de construcción y los trabajadores.
Fang et al. (2014)	Desarrollar un marco para integrar BIM y la tecnología de seguimiento de ubicación en tiempo real en un entorno virtual.	Desarrollar una experiencia cercana a la real para capacitar a los operadores de grúas simulando los escenarios como están construidos.
Quang et al. (2014)	Desarrollar un sistema de RV en línea para comprender causas de accidentes, reflexionar las teorías de seguridad, mejorar prácticas.	Permite realizar juegos de rol, aprendizaje dialógico e interacción social para la educación en seguridad y salud en la construcción
Fundación Laboral de la Construcción (2017)	Desarrollar una metodología pedagógica y crear una herramienta que haga más asequible el aprendizaje.	Una aplicación móvil, para el aprendizaje de competencias básicas en PRL. Una manera entretenida y sencilla de adquirir conocimientos
Garrido (2017)	Crear un sistema de formación en PRL con RV y RA	Formación y validación de conocimiento de trabajadores. Simulación de protocolos de actuación en caso de emergencia.

Capítulo III. Diseño conceptual de la propuesta

En este capítulo se diseña una propuesta de formación a técnicos prevencionistas para sus visitas a obra, como una capacitación adicional a la mínima exigida según el Real Decreto 1161/2001. Se crea un flujo de trabajo con las actividades que realiza el técnico en PRL en sus visitas a obra.

3.1 Justificación

En España se realiza la 1ª Encuesta a Técnicos de Prevención de Riesgos Laborales (TPRL) en el 2016 [3], con el fin de investigar peculiaridades de sus actividades y obtener de ella un plan de formación. Se exponen aquellos puntos que son susceptibles de mejoras, lo que repercute en una mejora de las condiciones laborales de los trabajadores. El tamaño de muestra de la encuesta es de 1.001 técnicos prevencionistas. Su análisis estadístico indica que 1/3 de los TPRL no cree contar con los conocimientos suficientes como para ejercer bien cualquier trabajo que se le asigne en una de las cuatro especialidades que le competen.

Respecto al estudio y formación del TPRL, la opinión es unánime al expresar que se debe incrementar el tiempo asignado. El 66% de los encuestados consideran que el tiempo de estudio y formación debe ser de al menos 10-20% y que los medios didácticos que se utilizan deben ser los apropiados. El 91.5% considera que las formaciones que brindan a los trabajadores deben ser más prácticas, con la colaboración de mandos intermedios en los lugares y equipos de trabajo. Una de las responsabilidades del técnico es actualizarse con la legislación y avances que se produzcan en la construcción. El 85% opina que requiere de herramientas de formación ágiles que faciliten y acerquen los nuevos conocimientos y los verifiquen. Más de la mitad de encuestados creen necesario aprender o potenciar la habilidad para comunicarse, en general y con los trabajadores (54%), gestión de equipos de trabajo (55%), empatía (53%), resolución de conflictos (57%)[3].

Los TPRL destina mucho tiempo en la oficina a la generación documental y observa que necesitara una mayor dedicación realizando trabajo de campo, donde puedan realizar inspecciones de trabajo y sean más eficientes. El TPRL también demanda una mayor actividad formativa, considera que la proporción de tiempo que dedica ahora es poca. Actualmente la actividad del TPRL no es la adecuada a las necesidades que requiere la implantación de un Sistema de Gestión de Prevención de Riesgos Laborales (SGPRL), una mayor presencia en las obras de construcción y un mayor esfuerzo en la formación son las bases de la integración [3].

La mayoría de los programas de capacitación actuales no han sido diseñados para cumplir efectivamente los requisitos y mucho menos con todas estas exigencias de los expertos. No son atractivos y pueden no maximizar la adquisición y retención de conocimiento [86]. Una revisión de las prácticas actuales de gestión de seguridad reveló que el problema principal es la falta de una cultura de seguridad sólida en la mayoría de las organizaciones y en toda la industria [51], ya se ha recomendado en varias publicaciones, como medida necesaria, mejorar la formación en PRL [87] [88] [89] [90]. En el 2017 se ha publicado en el Boletín Oficial del Estado (BOE) el VI Convenio Colectivo General del Sector de la Construcción, donde se ha constatado la necesidad de que las

acciones formativas impulsadas, desarrolladas e impartidas por la Fundación Laboral de la Construcción [91] se dirijan especialmente a todas aquellas acciones, cursos o programas que impulse, desarrollen, adapten y completen las cualificaciones profesionales de los trabajadores del sector.

3.2 Flujo de trabajo de un TPRL

El flujo de trabajo de TPRL según RD 1161/2001[2], cumple con 3 actividades básicas, Figura 13.

3.2.1 Evaluaciones de riesgos

Las evaluaciones de riesgos se hacen con ayuda de listas como se aprecia en el **Anexos**

Anexo A, para cada etapa de la obra. Se identifican riesgos y se establece la probabilidad que ocurran, su consecuencia y una estimación de su riesgo. Con la finalidad de establecer protecciones colectivas y protecciones individuales. (El TPRL puede sugerir que se agreguen medidas preventivas al PSS).

3.2.2 Planificar actividades preventivas

Existen dos puntos principales, formación en PRL a trabajadores, y dirección de actuaciones en caso de emergencia y primeros auxilios. Además, se sigue un protocolo de implementación y control de suministros **Anexo B**.

3.2.3 Visitas a obra

1. **Revisar Documentos:** Revisa el Plan de Seguridad y Salud de la obra, el técnico debe tener conocimiento del proceso de implementación y montaje de las protecciones colectivas, con listas como se observa en **Anexo C**, donde se verifica que protección colectiva aplica, detalles de ubicación, dimensiones, etc., y su conformidad. Además, controla la entrega de EPI's a los trabajadores Anexo D, deben estar debidamente actualizados y firmados, actualmente se dispone de plataformas virtuales, donde se tiene acceso a esta información. Existe un Check List donde registran el cumplimiento de lo requerido **Anexo E**.
2. **Inspeccionar la obra:** Recorrido en la obra, control de EPC y EPI con listas como indica el **Anexo E**, donde se realiza un control y con un check se registra la información y equipos observados. Si se presentan problemas in situ, de ser posible se soluciona al instante. Los trabajadores que falten a sus responsabilidades y provoquen incidentes serán llamados la atención, sancionados o suspendidos de trabajar, dependiendo la falta que cometa. La incidencia se registra como en **Anexo F**.
3. **Redacción de informe:** Finalmente, se redacta un informe para que quede constancia del trabajo realizado en la visita y registro de incidentes. Los informes se realizan como **Anexo G**, donde se informa de manera general el estado de la obra y se adjuntan registros fotográficos.

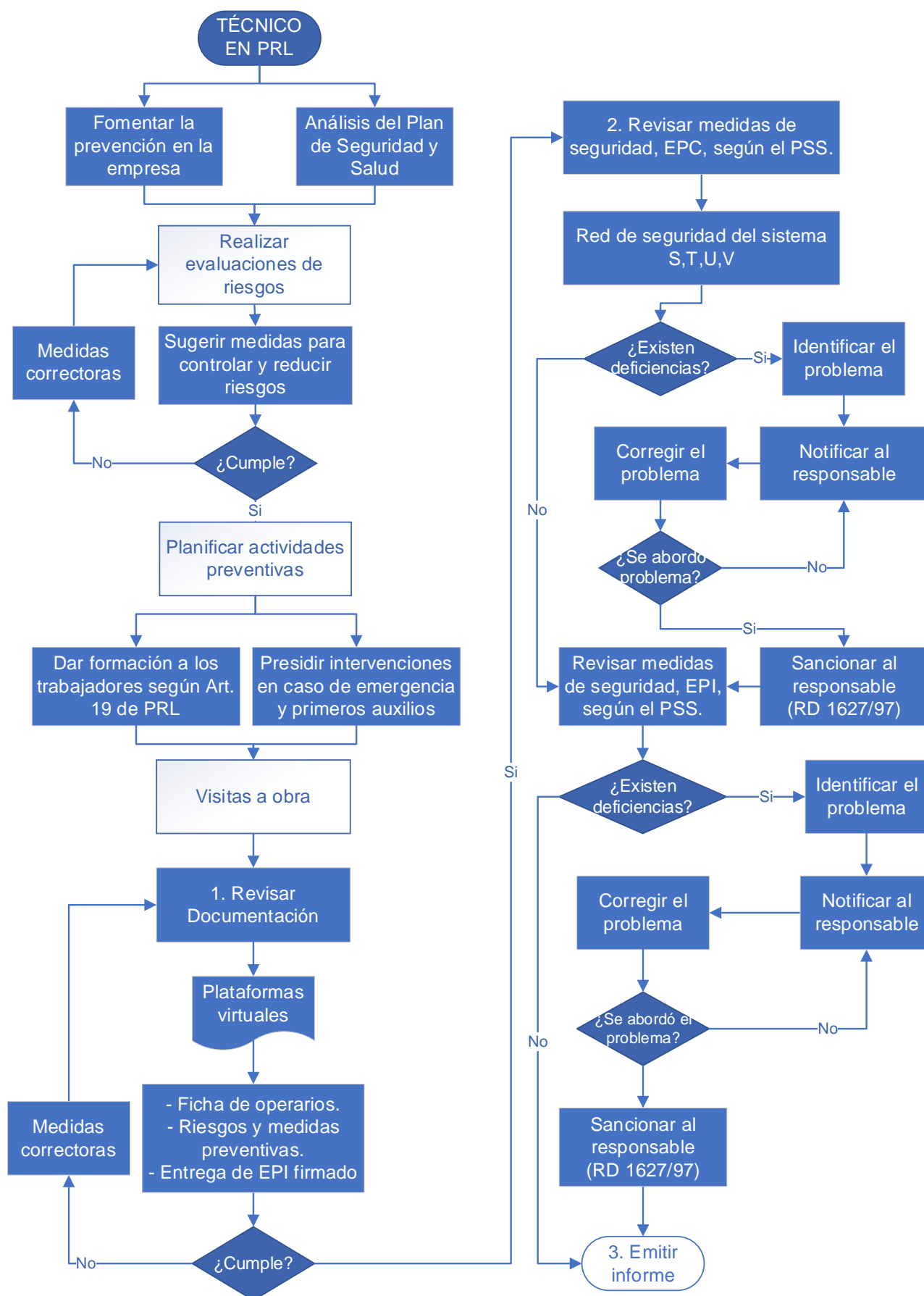
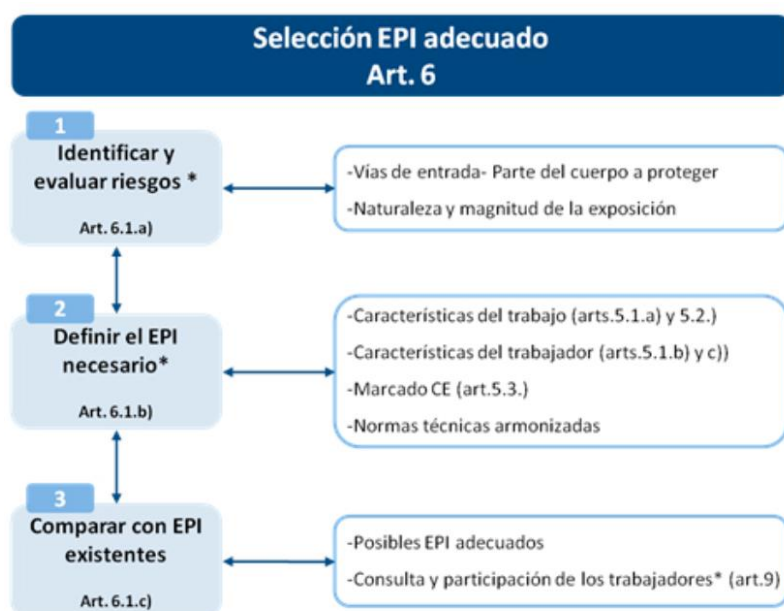


Figura 13. Responsabilidades de un Técnico en PRL
Elaboración: propia.

3.3 Tipos de EPI y EPC

Para el diseño de la solución mediante realidad virtual, es preciso detenerse con mayor detalle sobre los elementos de protección individual y colectivos, como elementos centrales a supervisar por el técnico prevencionista.

La protección individual tiene la misión de eliminar o reducir las consecuencias personales o lesiones que un accidente pueda producir en un trabajador, el uso de EPI en el trabajo está definido en el Real Decreto 773/1997 [92], relativo al uso de los EPI en trabajadores, y el Reglamento (UE) 2016/425 [93], relativo a su comercialización. En los trabajos que se realizan en obras de construcción es usual la utilización de EPI, por lo que una adecuada selección, uso y mantenimiento de los mismos es primordial para garantizar su función. El empresario es el que define el EPI que se debe proporcionar a los trabajadores, lleva a cabo el procedimiento descrito en Figura 14, donde además está referenciado el artículo correspondiente del citado RD, los puntos no siguen un orden riguroso, se debe realizar mediante una interacción y retroalimentación hasta lograr una protección efectiva.



* La consulta y participación de los trabajadores puede estar presente en cualquier momento del proceso de selección del EPI

Figura 14. Pasos a seguir para la selección del EPI adecuado
Fuente: INSST

El RD 773/1997 determina los EPI que debe utilizar el trabajador según la zona a proteger:

- Protectores de la cabeza.
- Protectores del oído.
- Protectores de los ojos y de la cara.
- Protectores de vías respiratorias.
- Protectores de manos y brazos.
- Protectores de pies y piernas.
- Protectores de la piel.
- Protectores del tronco y el abdomen.
- Protección total del cuerpo.

La protección colectiva es una técnica de seguridad cuyo objetivo es proteger simultáneamente a varios trabajadores expuestos a un determinado riesgo. A pesar de la importancia de su diseño, fabricación y condiciones de uso. Actualmente no existe ninguna Directiva Europea específica que establezca disposiciones mínimas. A diferencia de las máquinas y EPI que deben llevar la marca de Conformidad Europea (CE), en los EPC no se exige. Línea Prevención [94] presenta una lista de sistemas normalizados y no normalizados de EPC:

Sistemas normalizados:

- Sistema de redes de seguridad
- Sistema de redes de seguridad bajo forjado
- Sistema provisional de protección de borde (barandillas)

Sistema no normalizado:

- Sistema de red de seguridad vertical de cierre de fachada
- Sistema de redes de seguridad horizontal de pequeñas dimensiones
- Sistemas mixtos
- Sistema de protección de puntas de ferralla.
- Marquesinas

3.4 Uso de *Serious Game* y RV para formación de un TPRL en sus visitas a obra

En el apartado 222.7 se observa el potencial de la tecnología usada en formación en PRL. El Servicio de Prevención juega un papel fundamental para que la integración de la prevención sea eficaz, es necesario que los técnicos dediquen parte de su tiempo a realizar visitas para determinar la realidad y el alcance de su trabajo [3]. Para mejorar su desempeño se propone el uso de un *Serious Game* y RV para la formación de TPRL para sus visitas de inspección a obra. Donde se pueda simular y estudiar las funciones que cumple el técnico: revisar la documentación en la caseta de obra, donde revisa el Plan de Seguridad y Salud, determinar la fase de la obra, ya que depende de la fase, los equipos de protección que se utilizan en la obra y verificarlos. Los informes de entrega de EPI a trabajadores deben estar debidamente firmados, ver Anexo D, al igual que el control de procesos de montaje de EPC, Anexo C. Si esta información no está al día, el técnico emite un informe y no realiza la inspección. Si la documentación está en orden, se dirige a obra con listas de verificación, revisa EPC en distintas zonas, ver Anexo E, y si observa alguna incidencia, lo documenta en un formulario de incidencia como el Anexo F. Revisa además el EPI de todos los trabajadores con listas de verificación como indica el Anexo E, en el que debe asegurarse que usen el equipo y que lo usen correctamente. En caso de presentarse incidencias tiene que corregirlo, indicar al trabajador que equipo tiene que usar, o su buen uso, una vez resuelto, llena el formulario de incidencia que indica el Anexo F, que servirá para registrar lo sucedido en el libro de incidencias y, además, hacer un informe final que contenga: Actividad y Fase en la que se ve la irregularidad, anexo fotográfico, informe general del estado de la obra, registros que se realizan en un instrumento como el Anexo G. Este flujo puede verse reflejado en la Figura 15. Flujograma del *Serious Game* con actividades del TPRL en sus visitas a obra.

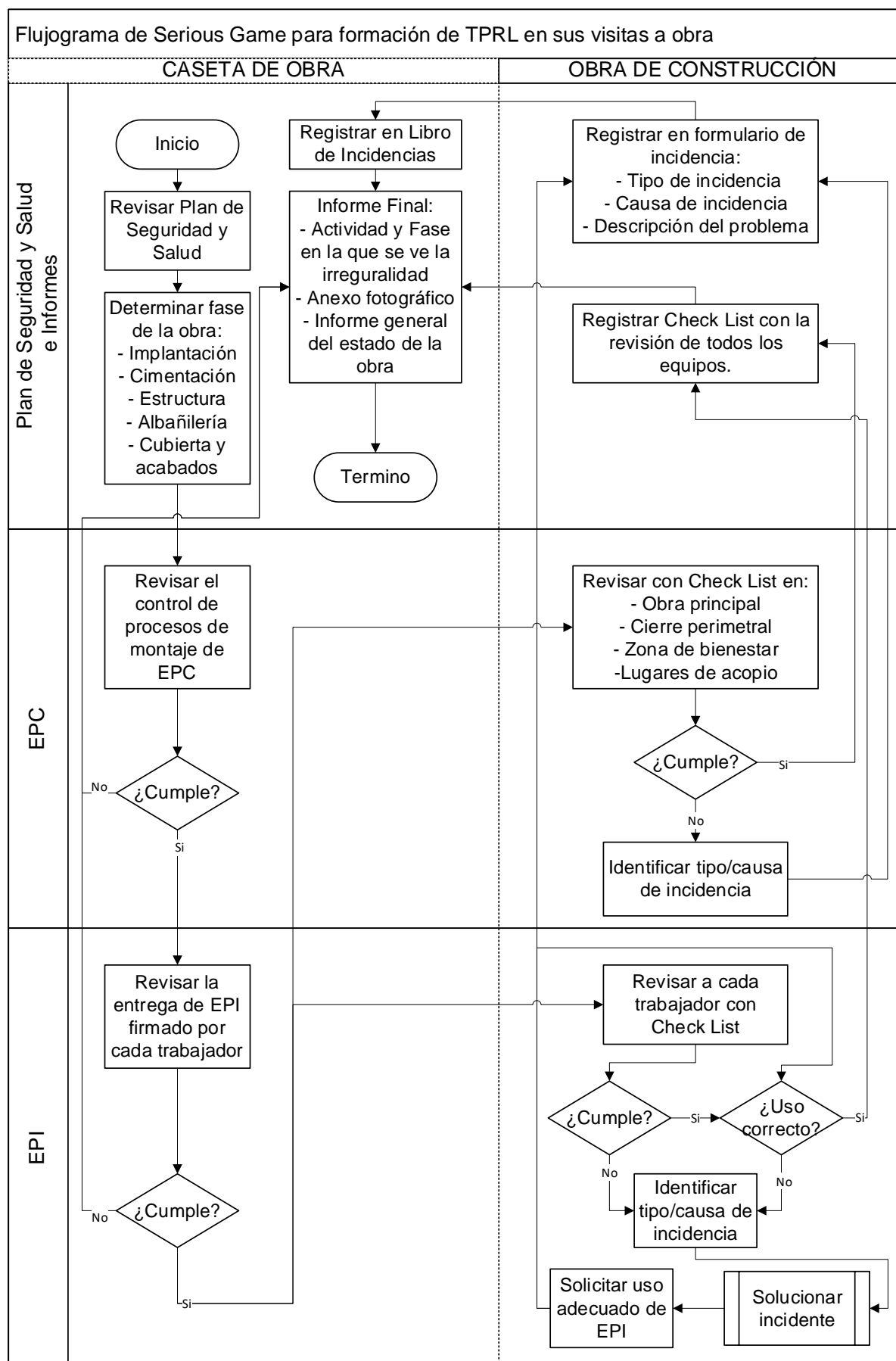


Figura 15. Flujograma del *Serious Game* con actividades del TPRL en sus visitas a obra.

Elaboración: propia

3.5 Formación propuesta para TPRL

Para la elaboración de la propuesta se realiza un flujograma reducido. Este se centra en el trabajo que realizan los técnicos el momento de realizar sus visitas de inspección. Realiza un control con una lista de verificación (Check List), para comprobar el uso de los equipos de protección, Figura 16. Ingresar nombre en un menú principal, leer las instrucciones e iniciar el recorrido para cumplir el objetivo. Verificar equipos de protección. La verificación de EPC implica hacer un recorrido en la obra y marcar en la lista de verificación, los EPC observados. La verificación de EPI consiste en revisar el cumplimiento de EPI en los trabajadores. Se incluye la opción de solucionar el problema de no cumplimiento de EPI de algún trabajador. Indicar al trabajador que se coloque el equipo faltante. Si no presenta inconvenientes, registrar en el Check List lo observado y completar las listas de verificación. Termina la experiencia, si culmina el tiempo o si cumple el objetivo planteado. Finalmente, la herramienta emite un informe sobre el trabajo realizado, en el que incluye tiempo de recorrido, y puntaje obtenido en cada lista de chequeo.

El puntaje depende del número de aciertos que tiene dos consideraciones: 1) El EPI que está colocado el trabajador coincide con el EPI marcado en el Check List. 2) Si el trabajador no está con el EPI completo, indicar que se coloque el equipo faltante y marcarlo en la lista. EL puntaje total es la suma de todos los aciertos de las listas. El Informe Final presenta un puntaje de cada lista de verificación. El mensaje final que presenta el informe, es asignado sin ninguna consideración técnica. En función del tiempo y del puntaje total obtenido: 1. tiempo < 10 minutos y Puntaje ≥ 46 "Fue un excelente trabajo, revisó correctamente el EPC, EPI y atendió a sus fallos. Es un excelente técnico en PRL.". 2. tiempo < 10 minutos y $30 < \text{Puntaje} < 46$ "Necesita mejorar, no revisó y corrigió correctamente el uso de EPI en trabajadores y EPC en la obra." 3. tiempo < 10 minutos y Puntaje ≤ 30 "Necesita mejorar, no revisó y corrigió correctamente el uso de EPI en trabajadores y EPC en la obra." En la Tabla 5 se presenta una ficha descriptiva de la experiencia.

Tabla 5. Ficha descriptiva de la experiencia

Serious Game para Formación en PRL a técnicos prevencionistas	
Objetivo:	Verificar adecuadamente los EPC y EPI de los trabajadores de la construcción del Edificio B0 de la UPC
Duración:	10 minutos
Descripción:	Revisar el EPC de la obra, para eso se dispone de un check-list que está disponible todo el tiempo. Además, existen trabajadores distribuidos en la obra, verificar el cumplimiento del EPI de cada uno. El EPI que deba usar depender de la tarea que esté realizando. Si un trabajador no cumple con el EPI necesario, solicitar al trabajador que se coloque el equipo faltante.
Fin experiencia:	La experiencia puede terminar si, transcurre el tiempo establecido o, si el usuario cumple su objetivo y desea terminar la experiencia.
Evaluación:	Al terminar la experiencia se ejecuta un informe que indica los aciertos obtenidos en el proceso, el tiempo de ejecución de la tarea y un comentario en base a su resultado final.

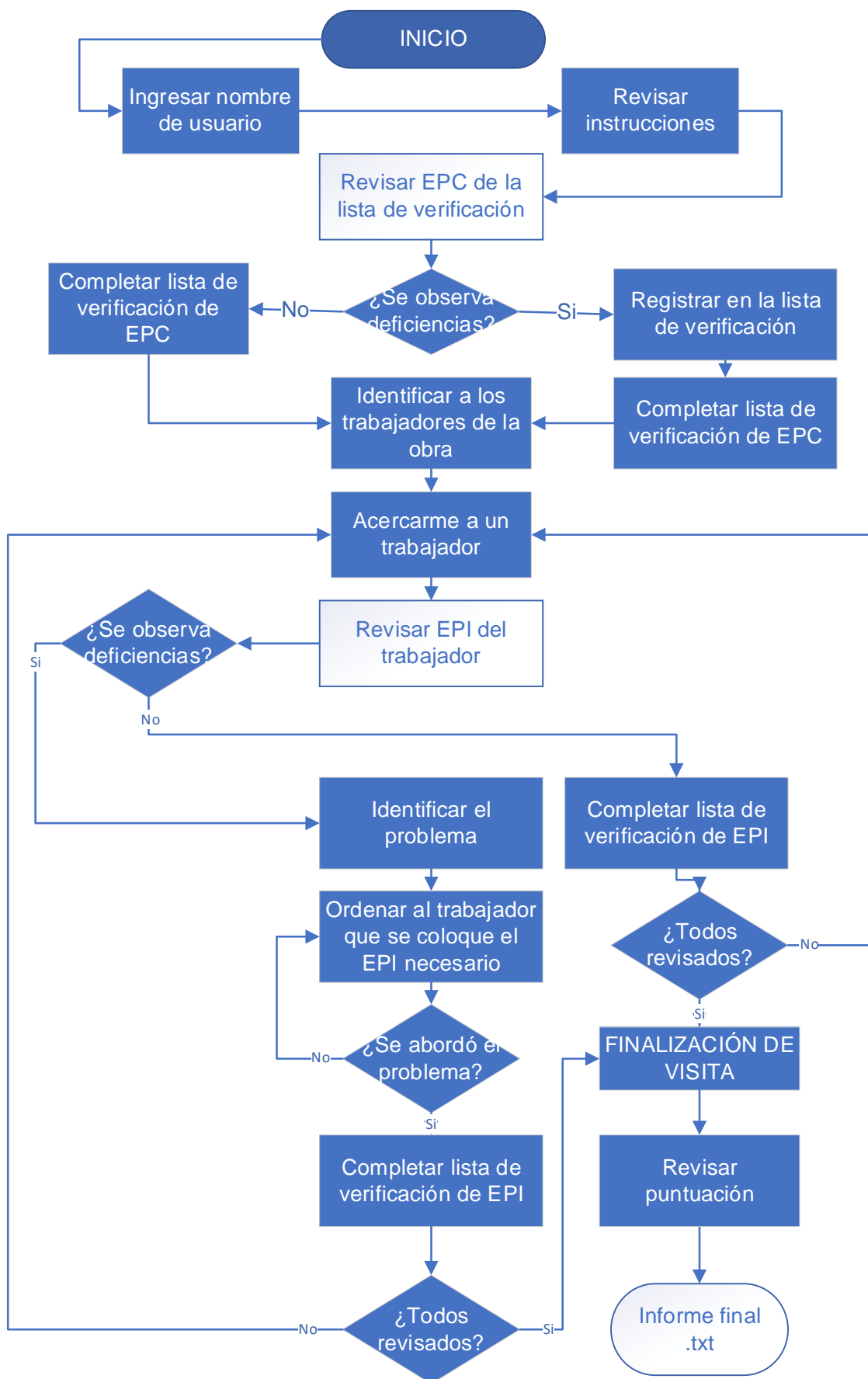


Figura 16. Flujograma de actividades a realizar por el usuario con la herramienta obtenida
Elaboración: propia

Capítulo IV. Creación de la experiencia

En este capítulo se procede a la creación de la experiencia, diseño del escenario, objetos importados, elementos creados y a la programación que requiere para darle realismo y ejecutar las actividades deseadas.

4.1 Fases de trabajo

Para crear entornos de RV, y visualizarlos con la ayuda de un dispositivo, se establece un flujo de trabajo donde se define la aplicación a utilizar, Figura 17. Existen diferentes motores de video juegos disponibles en el mercado que requieren distintos niveles de programación, algunos de los más conocidos son 3DVIA, Virtools y Unity, que brindan flexibilidad en el diseño de su juego [95]. En el Anexo I vemos una comparativa entre algunas aplicaciones, con las ventajas e inconvenientes del uso de cada una de ellas. Por lo que se decide utilizar 3ds Max para conservar las texturas establecidas en el modelo BIM de Revit. Y exportarlo a Unity.

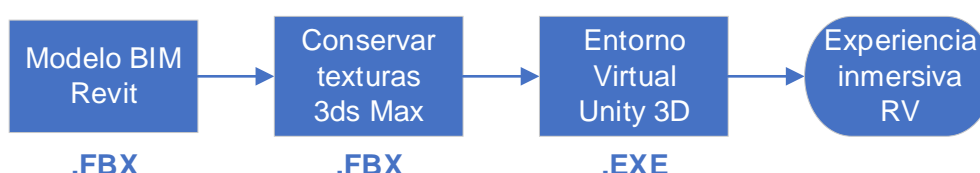


Figura 17. Flujo de trabajo para crear un entorno virtual para formación en PRL

Se utiliza una computadora de alto rendimiento ya que el desarrollo de la experiencia requiere una tarjeta gráfica, que es la que define el nivel de detalle, tamaño o complejidad del entorno virtual, los requerimientos del sistema se observan en Tabla 6. Para la fase de uso, los usuarios pueden ejecutar la experiencia creada en una computadora de uso doméstico, sin ningún problema.

Tabla 6. Requerimientos del Sistema

Procesador	Intel® Core™ i7-8750H CPU @ 2.20 GHz 2.21 GHz
RAM	16 GB
Tarjeta Gráfica	NVIDIA® GE FORCE® GTX 1060 with Max-Q Design
VRAM	6052 MB

Se usa el motor de video juegos Unity 3D, desarrollado por *Unity Technologies*. Para el desarrollo de la experiencia, se trabaja en Unity 2019.3.11f1. La programación se realiza en Microsoft Visual Studio 2017, donde se utiliza el lenguaje de programación C# (*C Sharp*).

El hardware establecido es el dispositivo HTC Vive, que son gafas de RV que incluyen sus controladores y sensores Figura 18. Esto se debe a la disponibilidad del dispositivo en el Centro Internacional de Métodos Numéricos en la Ingeniería (CIMNE), que es donde se realiza la experiencia.



Figura 18. Dispositivo HTC Vive: gafas, controladores y sensores

4.2 Importación del modelo BIM a Unity

Como se mostró en la Figura 17, empezamos con el modelo BIM en Revit, para importar el modelo en Unity primero lo exportamos en formato .fbx a 3ds Max, este paso previo se realiza para no perder las texturas establecidas, una vez listo en 3ds Max, se exporta el modelo nuevamente en formato .fbx y se importa a Unity. Para esto creamos un proyecto nuevo e importamos el modelo .fbx a la ventana “project”, aquí activamos la pestaña de “generar colliders” que se encuentra en la ventana “inspector”, para observar el modelo en la escena, arrastramos el archivo de “Project” a “Scene View”. La vista obtenida es la de la Figura 19 [60].



Figura 19. Edificio B0 en el Campus Nord [60].

4.3 Creación de escenas

La experiencia consta de dos escenas, la primera escena “Menú” es el menú principal y es lo primero que se visualiza al abrir la experiencia, aquí se registra el nombre de usuario y explica el objetivo de la experiencia. Además, se detallan las instrucciones y comandos a usar. La segunda escena “Obra” es la escena que contiene el edificio construcción, trabajadores, maquinaria, equipos de protección, herramientas de trabajo, etc. En Anexo J, se detallan las ventanas principales de Unity.

4.3.1 Menú de inicio

El menú es creado con el objetivo de que el usuario pueda ingresar y guardar su nombre, tenga acceso a instrucciones acerca de la experiencia y finalmente donde pueda observar el puntaje obtenido con un comentario en el que indica si es apto o no para desempeñar sus funciones, Figura 20. Al final de la experiencia, en el menú se observa una tabla de resultados. Además, desde esta escena se tiene acceso a la escena “Obra” al pulsar Empezar Experiencia.



Figura 20. Escena de Menú Principal

1. Crear la escena menú

Dirigirse a la ventana Project, Assets > Create Folder “Menú” > Create Scene

2. Crear un escenario

Primero se crea un terreno como un objeto 3D, posteriormente se le agregan los elementos que componen el escenario, que son algunos elementos de una construcción, se coloca una cerca en todo el lugar y maquinaria.

3. Crear un canvas

El canvas es un *GameObject*, es el área donde se localizan todos los elementos de interfaz de usuario [96]. En un *GameObject* se coloca botones, estos realizan acciones, el Botón “Ingresar datos”, “Instrucciones” Figura 22, “Empezar Experiencia” siempre que se cambie de escena, en File > Build Settings es necesario añadir las escenas que tiene el proyecto y en el orden que desea que trabajen, como indica Figura 21. Finalmente, el botón “Salir”

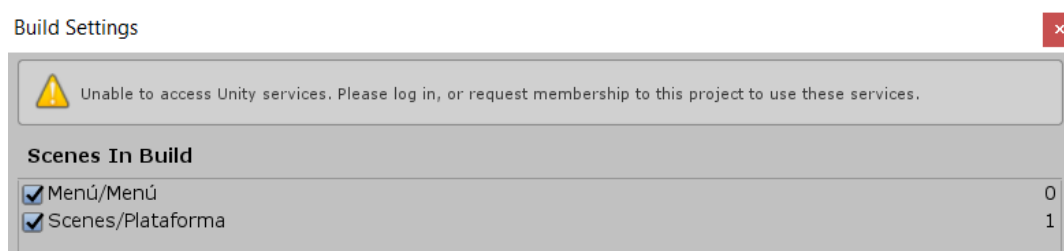


Figura 21. Escenas agregadas a la experiencia

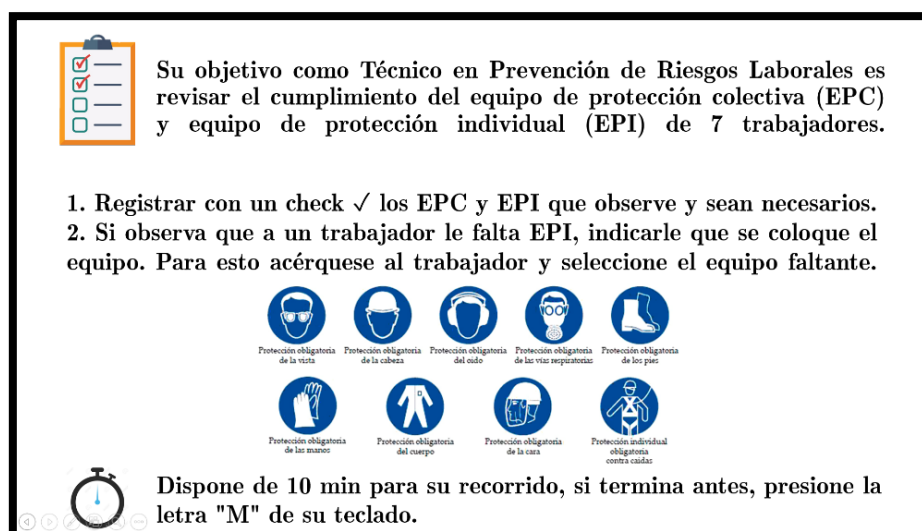


Figura 22. Instrucciones en la experiencia

4.3.2 Obra de Construcción.

Esta escena contiene el Edificio B0 (previamente explicada la importación del modelo BIM y puesta en escena), maquinaria, herramientas de trabajo, tableros de verificación (Check List). Algunos objetos se han descargado de www.turbosquid.com, compañía de medios digitales que dispone de modelos 3D, archivos en 3ds max, obj, fbx y muchos de ellos gratuitos. Otros se han obtenido de la Plataforma de CIMNE [97].

Las consideraciones de seguridad que se implementan, se hacen en base a las distintas disposiciones de seguridad que se deben seguir en una obra civil, creado por la Generalitat de Catalunya, Departament de Treball, y otras empresas constructoras, **Anexo H**. Además de carteles informativos con consejos de seguridad y salud que se han descargado de Línea Prevención [98], un servicio gratuito de asistencia y asesoramiento en materia de seguridad y salud en la construcción de la Fundación Laboral de la Construcción.

4.3.2.1 Personaje en primera persona

Unity cuenta con un personaje pre diseñado “First Person Characters” o FPSController, este personaje en primera persona dispone de una cámara que simula la vista, un *collider* y *rigidbody*, para dar cuerpo al personaje, sonidos, scripts para controlar el personaje, y Prefabs. Para agregarlo: Asset > Import Package > Characters, cuando se importa crea carpetas: Standard Assets, Characters, FirstPersonCharacters, Prefabs > FPSController. Al igual que con el modelo del edificio B0, todos los elementos importados se arrastran desde *project* a *scene* [97].

4.3.2.2 Inclusión de personajes

Descargar un “Character” o personaje, de www.mixamo.com, compañía de gráficos por computadora, en 3D de Adobe Systems, la compañía desarrolla servicios para animación de personajes en 3D. Con esto se crea una carpeta llamada “BOTS”, en Prefabs, que es donde se importa los personajes creados. Extraemos sus texturas desde el Inspector, en una carpeta del

proyecto, tal como lo indica la Figura 23. Para colocarlos en escena, se arrastra el personaje al punto donde se desee. Con este procedimiento se han incluido 7 trabajadores a la obra, indicados en la Tabla 7.

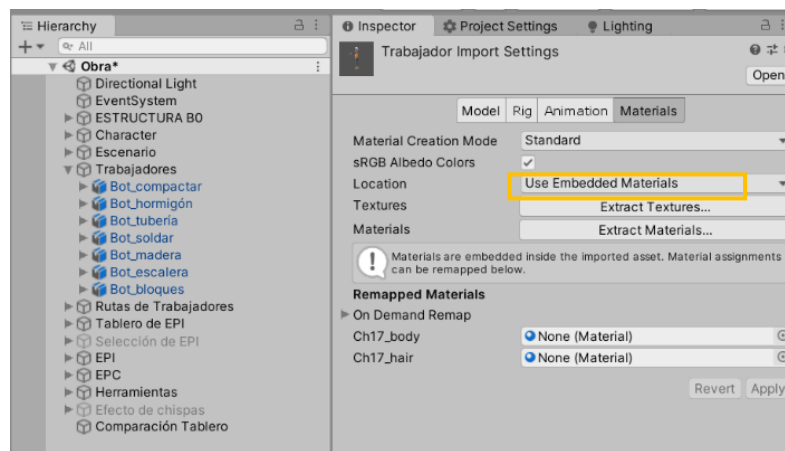


Figura 23. Extraer texturas de los personajes

A todos los personajes que agreguemos a obra les asignaremos una etiqueta, esto ayuda el momento de programar, donde puedo referirme a que a los “Trabajadores” por ejemplo, emplee alguna función. Esto se observa en Figura 24.

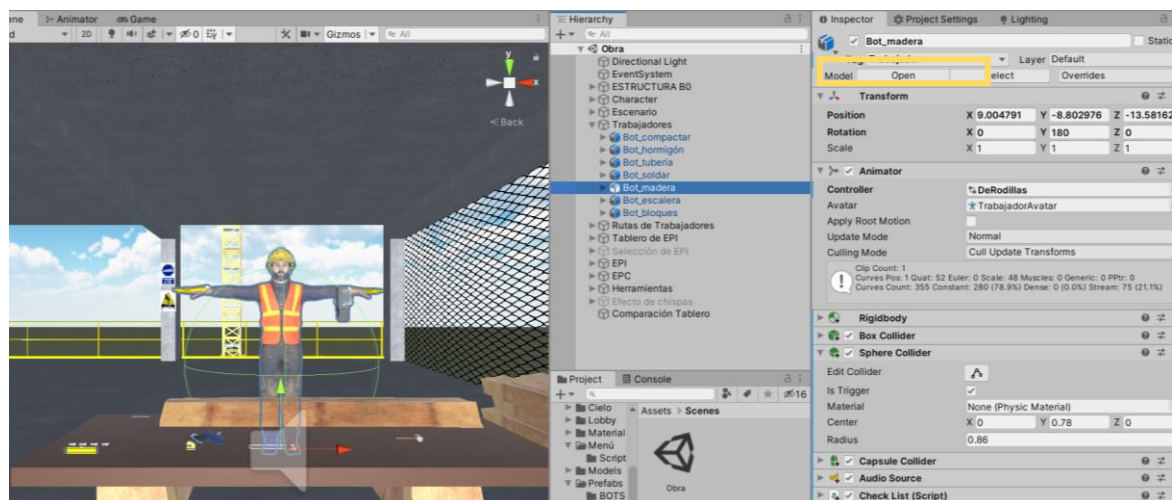


Figura 24. Etiquetas a trabajadores

4.3.2.3 Inclusión de equipos de seguridad

El procedimiento para incorporar objetos (equipos de protección) a la escena es el mismo anteriormente descrito. Se arrastra el objeto importado a la escena. Aquí es importante mencionar el procedimiento a seguir para que los EPI que se agreguen, formen parte del trabajador, y así cuando el realice movimientos, estos objetos no permanezcan estáticos, sino formen parte de él y sus movimientos. Para esto, una vez que estén los objetos en *Hierarchy*, se incluyen al trabajador. Se agrega a una parte específica del cuerpo, depende del EPI. Por ejemplo, en la Figura 25, se aprecia que el casco es agregado a la parte superior de la cabeza. Además, orejeras y casco que están apagados y no se aprecian en la escena. En la Tabla 7, se presentan los trabajadores que se incluyen en la experiencia, con una lista de los EPI.

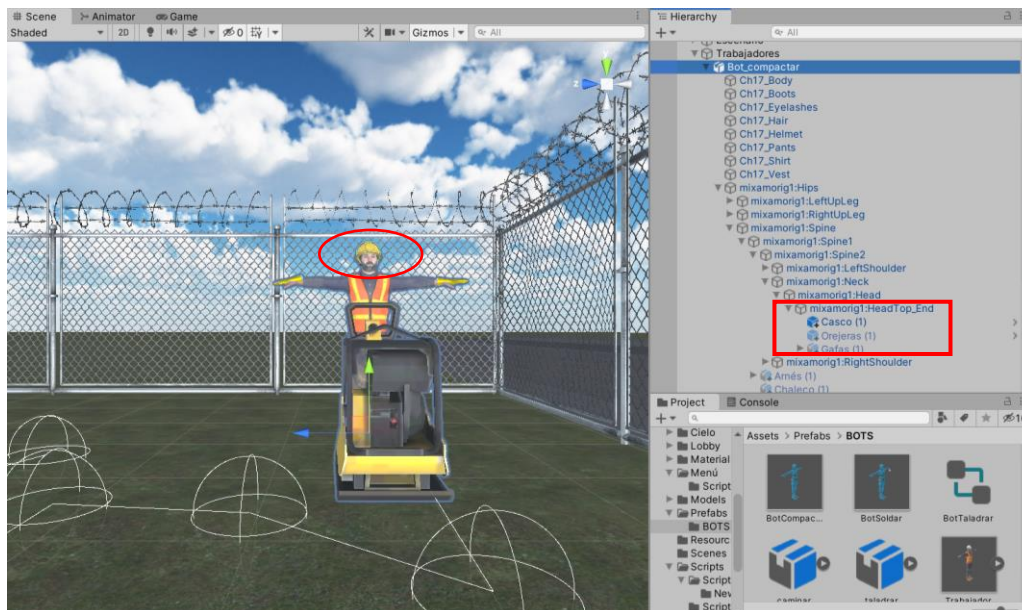


Figura 25. Colocar EPI a trabajadores

Tabla 7. Trabajadores importados en la experiencia con su EPI

EPI	Trabajador
<ul style="list-style-type: none"> - Casco - Guantes - Calzado de seguridad - Protección auditiva - Chaleco 	
<ul style="list-style-type: none"> - Casco - Guantes - Calzado de seguridad - Chaleco 	
<ul style="list-style-type: none"> - Casco - Guantes - Calzado de seguridad - Protección respiratoria - Chaleco 	

(continúa en la siguiente página)

Continuación...

- Casco
- Guantes
- Calzado de seguridad
- Protección respiratoria
- Gafas de protección
- Chaleco



- Casco
- Guantes
- Calzado de seguridad
- Arnés anticaída
- Gafas de protección
- Protección auditiva
- Chaleco



- Casco
- Guantes
- Calzado de seguridad
- Chaleco



- Casco
- Guantes
- Calzado de seguridad
- Chaleco



Los objetos (EPI) que se agregan a la experiencia son, casco, guantes, arnés anticaída, gafas de protección, protección auditiva. Porque el calzado de seguridad y chaleco ya incluye en trabajador. Los EPC utilizados en la experiencia se observan en la Tabla 8; **Error! La autoreferencia al marcador no es válida.**, son andamios, redes de seguridad, barandillas, escaleras de mano, redes horizontales, señalización de seguridad, líneas de vida.

Tabla 8. EPC utilizado en la creación de la experiencia.

Andamios



Andamios



Redes de seguridad



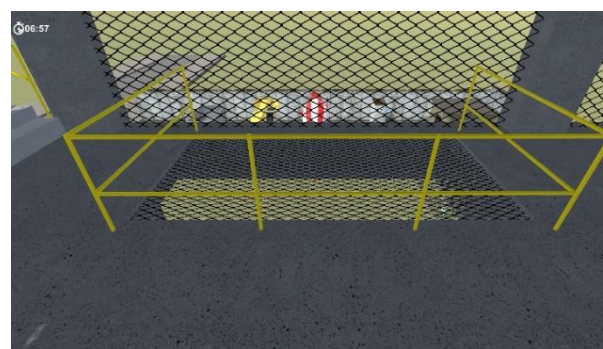
Barandillas (escaleras, huecos y cubierta)



Escaleras de mano



Redes horizontales en huecos



Señalización de seguridad



Línea de vida



4.4 Creación de actividades

4.4.1 Menú de inicio

Al ingresar un nombre en el *Inputfield* y presionar "guardar", este objeto se guarda en un string. Este string se utiliza más adelante en el script "RegresarMenú" que sirve para generar e imprimir un Informe Final que lleva el nombre ingresado inicialmente. El script utilizado para ingresar el nombre está en Script. Menú principal del Anexo K.

Se crean botones para las opciones a las que accedemos desde el menú principal, para que esto sea válido se crea un código Script. Menú principal. Esto lo que hace es cambiar entre escenas, presionando sobre los botones que elijamos.

1. Crear script y agregarle a Inspector Figura 26.

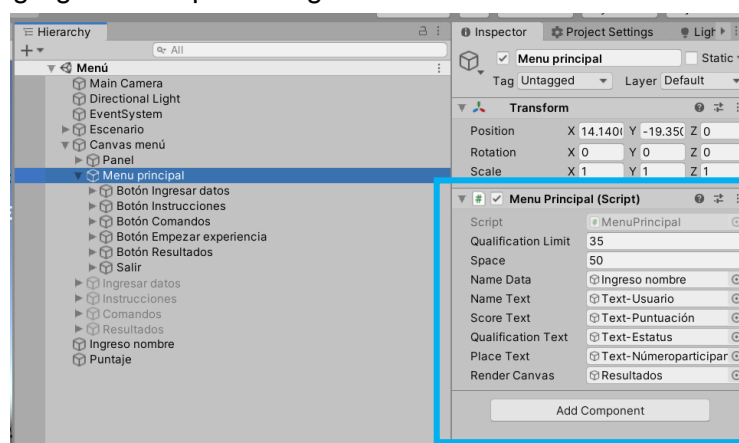


Figura 26. Agregar script a inspector

2. Al botón que queremos que nos cambie de escena, vamos a agregar *List is Empty*, como se ve en la Figura 27. Después elegir un *SetActive (bool)* Figura 28.

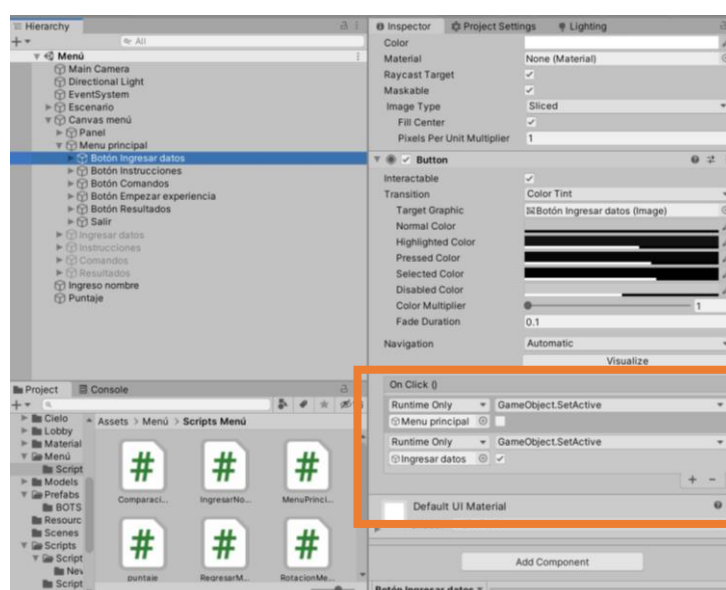


Figura 27. Agregar List is Empty

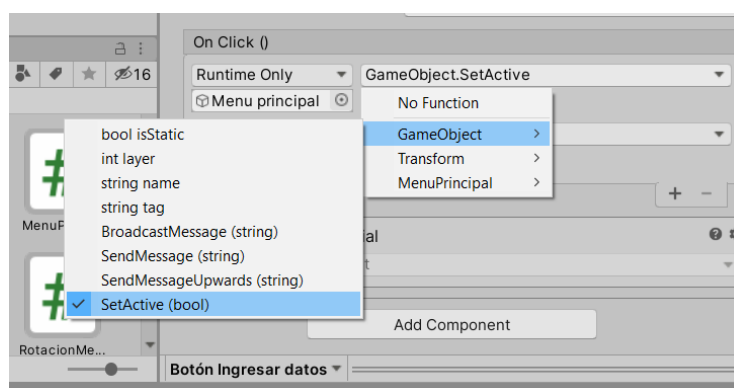


Figura 28. SetActive (bool)

Se han creado las siguientes líneas de código para arreglar el inconveniente que se presentaba que, al cambiar de una escena a otra, el cursor no funciona.

```
Cursor.visible = true;
```

```
Cursor.lockState = CursorLockMode.None;
```

4.4.2 Tiempo

Este script lo que hace es crear un temporizador en el juego, por medio de un *Canvas* se muestra en el interfaz del usuario UI, el tiempo que queda de recorrido. Este cumple básicamente con 2 funciones esenciales. La primera es que el tiempo que haya transcurrido en el recorrido del usuario, guarda esa información en un *float*, el cual está disponible para utilizarlo en el Informe Final, donde se explique el tiempo que tardó su recorrido. La segunda es que, si el temporizador llega a 0, la escena regresa automáticamente a la escena Menú. Esto se registra en Script. Controlar el tiempo del Anexo K. En Character agregamos el script y escribimos el tiempo que queremos que dure la experiencia, como se observa en Figura 29.

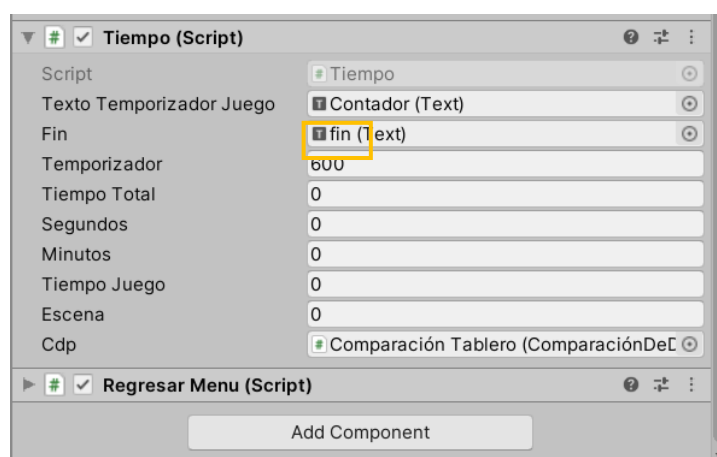


Figura 29. Tiempo de experiencia

4.4.3 Animaciones del jugador

Para agregar animaciones a los personajes previamente descargados e importados a la escena, se procede de la siguiente manera:

1. Descargar *animations* para jugador

Descargar animaciones necesarias, organizar y guardar en carpetas, Assets> Animations. Descarga realizada desde www.mixamo.com.

2. Crear un *Animator Controller*

Aquí se busca controlar todas las animaciones, para eso se establece parámetros como indica la Figura 30 y se describen a continuación:

- "isWalking" para que el jugador camine hacia adelante
- "isRunning" para que corra hacia adelante.
- "isIdle" para estar quieto.
- "isWalkingBack" para caminar hacia atrás.
- "isRuningBack" para correr hacia atrás.
- "Jump" para saltar.
- "Stairs" para subir por las escaleras.

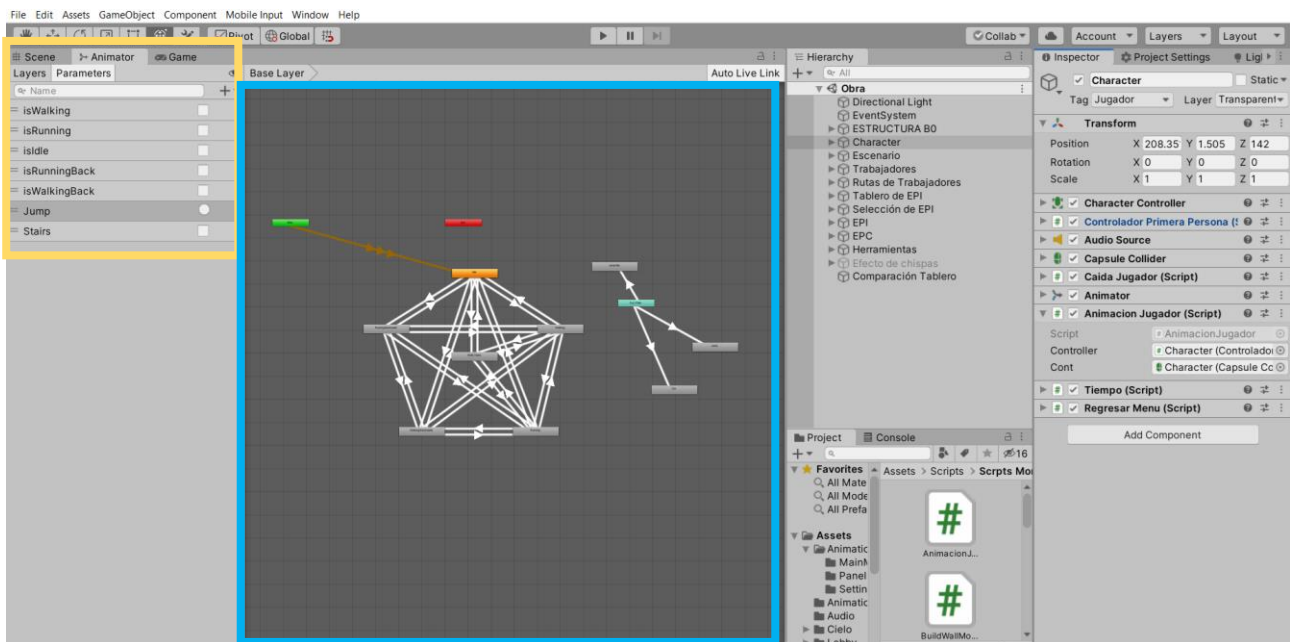


Figura 30. Vista general del Animator Controller del jugador y sus parámetros.

Para que se puedan realizar estas acciones se requiere de un script que controle sus movimientos, Script. Controlar la animación del jugador del Anexo K, lo que este script [97] realiza es que asigna letras del teclado para que el jugador realice las animaciones, W caminar hacia adelante, S caminar hacia atrás, space para saltar. Si se presiona Shift y W, corre, por lo tanto, si "isRunning" es true, los demás parámetros false. Si solo apretamos W "isWalking" es true y los demás parámetros, false.

Para definir las transiciones entre animaciones que están controladas por los parámetros definidos, se arrastran las animaciones de la carpeta Animations, al *Animator Controller*, y la transición entre ellas se establece, clic derecho en animación inicial > Make Transition > click izquierdo en animación final, para observar la transición creada se da clic izquierdo sobre la flecha, Figura 31.

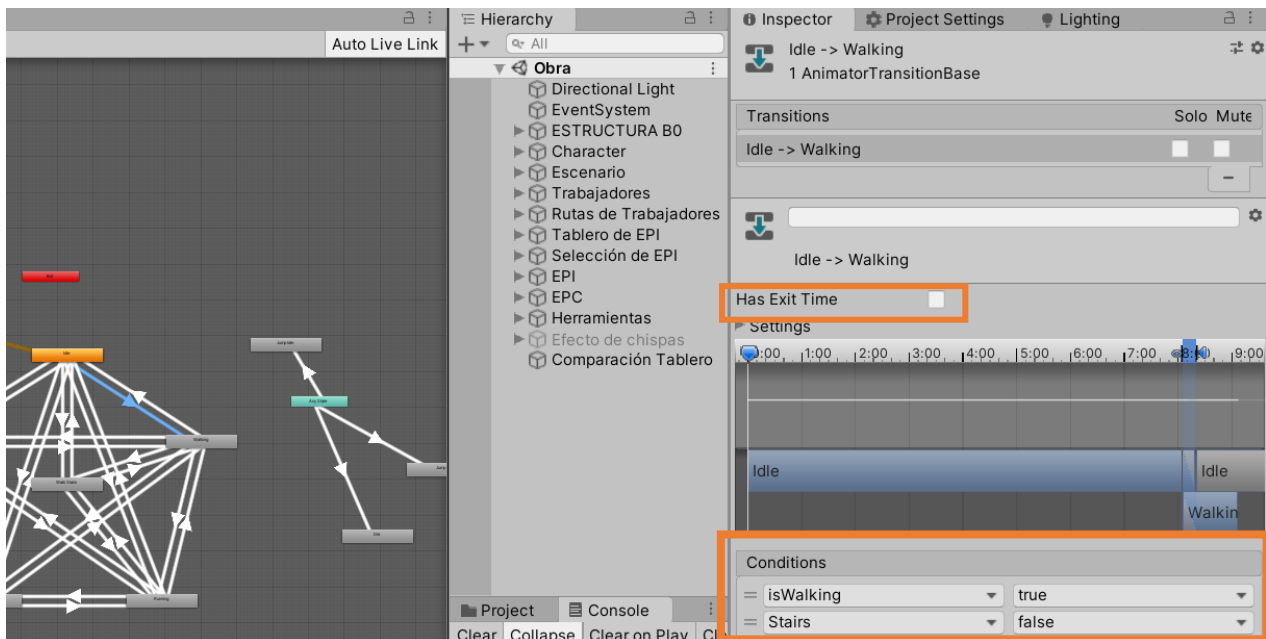


Figura 31. Vista del inspector de una transición de animaciones del jugador

Todos los trabajadores, maquinaria, equipo de protección, debe incluir un collider, dependiendo de lo que se pretenda con cada objeto. A los trabajadores se les asigna un *Box Collider* y *Capsule Collider*, como indica la Figura 32.

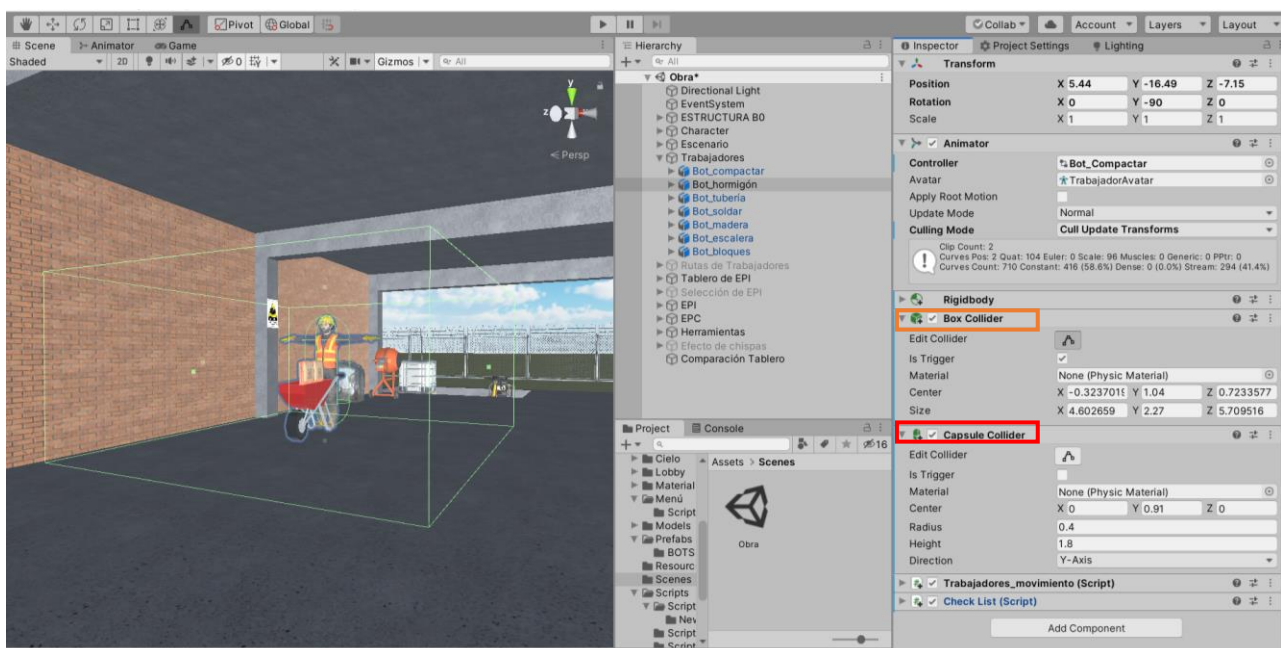


Figura 32. Box Collider y Capsule Collider

4.4.4 Acciones de los trabajadores

La creación de las acciones que realizan los trabajadores es similar a las del jugador, pero más sencilla. Se sigue el proceso, se descargan animaciones según las actividades que pretende que realice el trabajador y, por lo tanto, se crea un nuevo *Animator Controller*.

1. Ruta del trabajador

Esta animación consiste en establecer una ruta para que siga el trabajador mientras camina, mediante el Script. Controlar el movimiento de los trabajadores del Anexo K. Cuando se ingresa en el *box collider* del trabajador, él permanece quieto, si salimos de él, se activa y sigue su ruta.

Su *Animator Controller* se crea con el procedimiento descrito anteriormente, pero utiliza 2 animaciones, caminar y detenerse, como se observa en la Figura 33. **Error! No se encuentra el origen de la referencia..**

La ruta que siguen utiliza el Script. Definir la ruta que siguen de los trabajadores del Anexo K. Que utiliza objetos, según los objetos que se coloquen, se trazará la ruta que se pretende seguir, como indica la Figura 34.

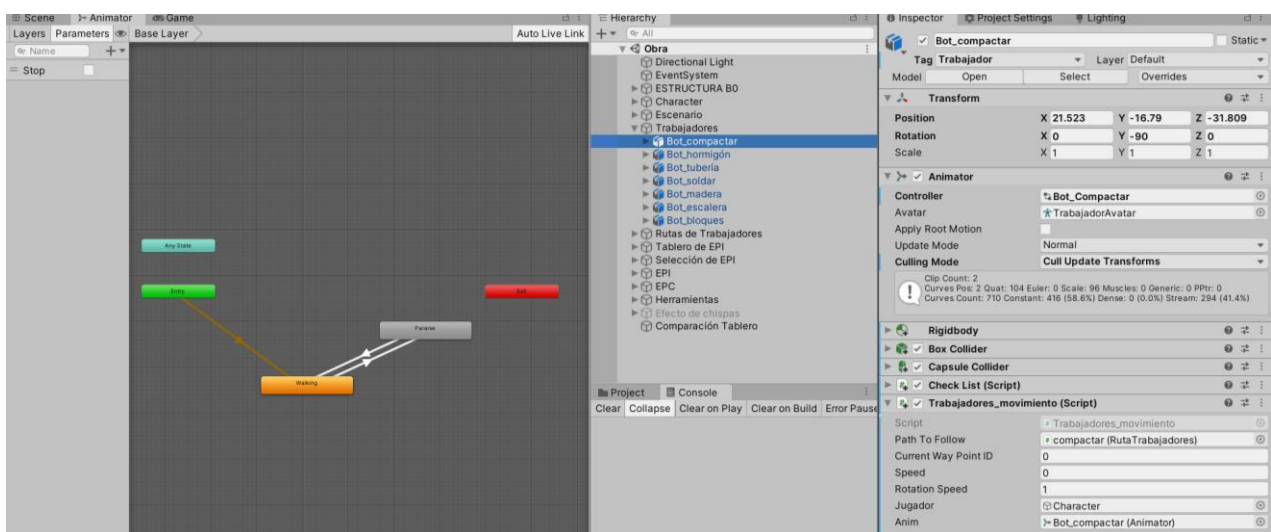


Figura 33. Animator Collider de los trabajadores que siguen una ruta

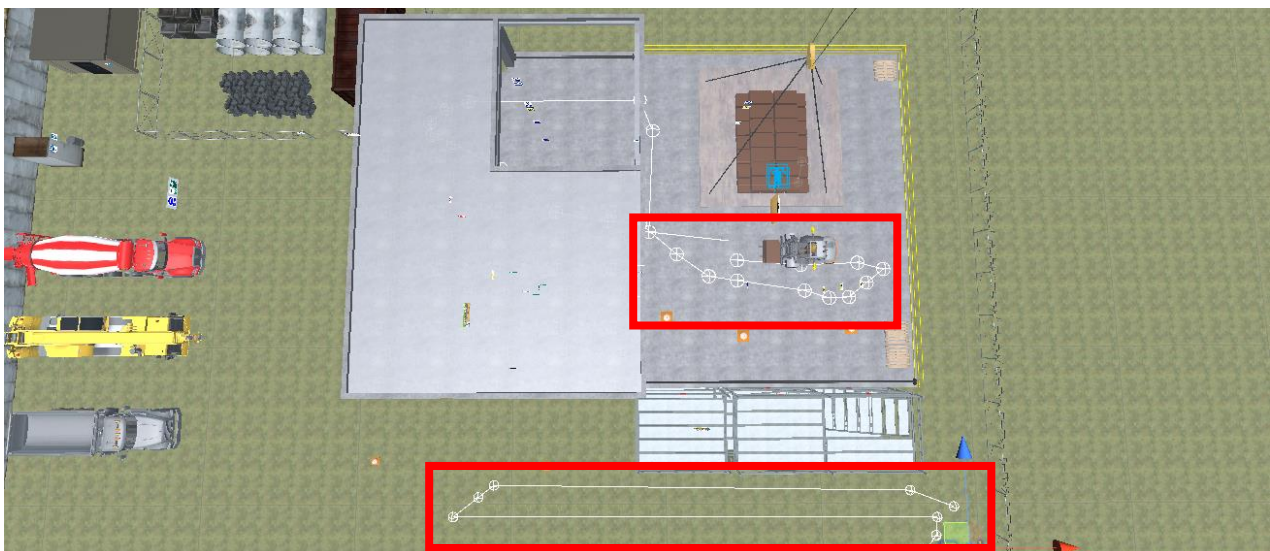


Figura 34. Rutas establecidas para los trabajadores

2. Trabajador en su sitio

Esta animación no requiere la creación de un script ya que el trabajador no se mueve de su sitio de trabajo, únicamente se crea su *Animator Controller* y se agrega al trabajador deseado.

4.4.5 Activar la lista de verificación de EPC y EPI

A cada trabajador se le asigna un *box collider*, esto me sirve para activar el tablero cuando te acercas al trabajador, se activa al *box collider* asignado a los trabajadores, donde se selecciona la zona que se desea cubrir, cuando el jugador está dentro del *box collider* se activa un *bool*, que representa un valor booleano que puede ser “true” o “false”, cuando entra a la zona marcada el valor es true, y cuando sale el valor booleano es false.

Esto me sirve para guardar los registros que se realicen en la Tabla de registro, este registro se hace mediante placas de objetos, colocamos un *box collider* en el espacio que queremos registrar el check Figura 35, y con cada vez que se da clic, esto activará o desactivará la imagen establecida.

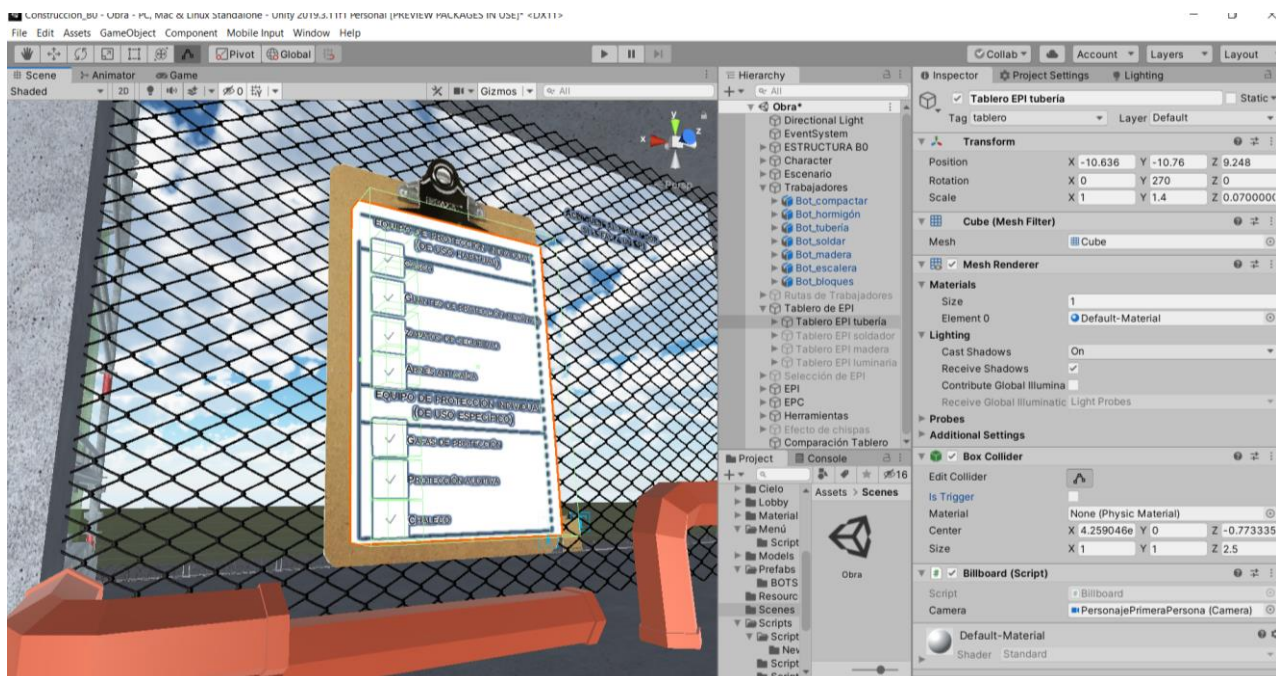


Figura 35. Box Collider en cada botón de la lista de verificación

El procedimiento está en el Script. “Check” en la lista de verificación del Anexo K. Este procedimiento se realiza 7 veces que son los 7 equipos que revisa el jugador, al cambiar el *bool* de true a false, la información marcada se guarda en un contenedor, guarda 7 datos que son los que contiene el tablero de verificación, el contenedor se utiliza más adelante para una comparación de objetos y puntuar al jugador. A cada trabajador se le agrega el script, y se selecciona los equipos que este puesto, y los necesarios para la comparación, como indica la Figura 36.

Para la lista de verificación de EPC, se utiliza el mismo código de programación, Script. “Check” en la lista de verificación del Anexo K, la diferencia con el tablero de los trabajadores es que, este tablero lo tenemos disponible en cualquier lugar del recorrido, basta presionar la tecla “O” para ocultar el tablero o “P” para visualizarlo. Y no requiere se activarse al ingresar a un *box collider*. Se indica el Check List de EPI y PEC que se utiliza en la experiencia en la Tabla 9.

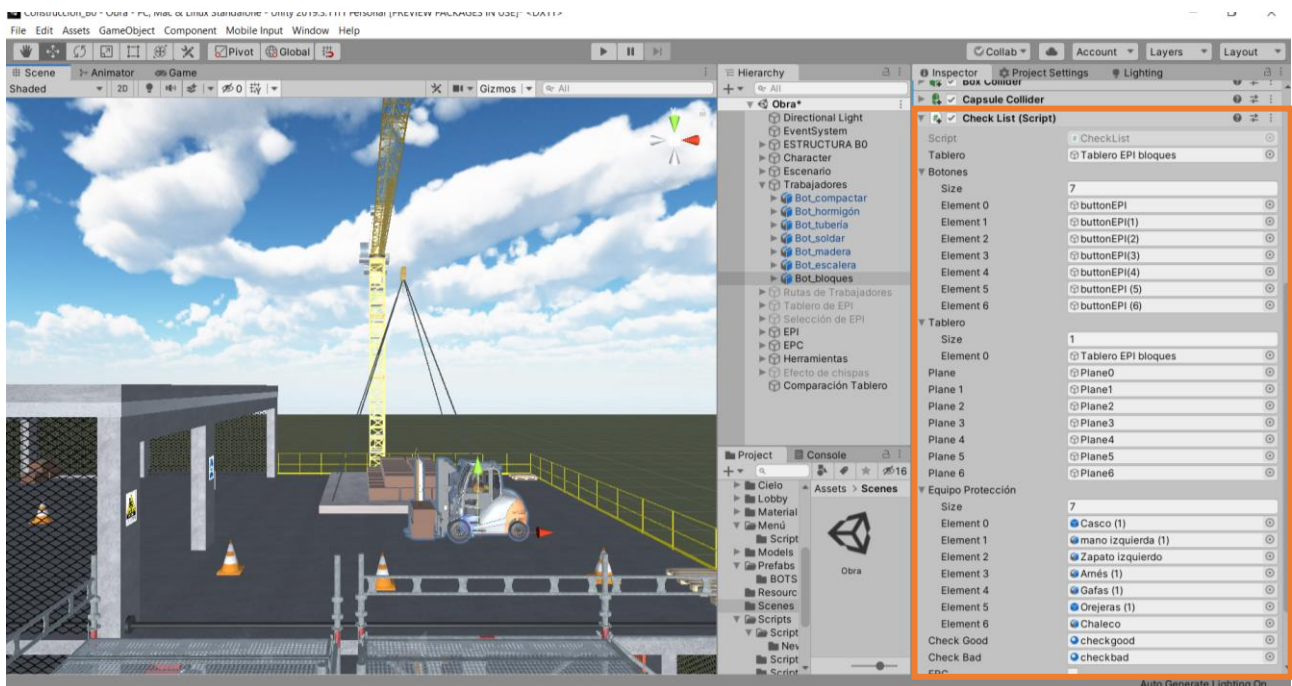


Figura 36. Script de Check List en cada jugador

Tabla 9. Check List utilizados en la experiencia

Check list de EPC	Check list de EPI

Adicionalmente se consideró una mayor dificultad, en la que se considere “dar órdenes al trabajador”

Si todos los objetos no están visibles, es decir no está usando ningún EPI, la comparativa que realiza el programa indicará que los valores son verdaderos (no objeto = no check), para solucionar esto, se han creado objetos que no están a la vista del jugador, con los que realmente se están comparando. Por ejemplo, en la Figura 37, se observa un trabajador en altura, si en su lista de verificación registramos que no tiene arnés, nos tomaría como true en caso de no marcarlo, lo que se ha hecho para resolver esto, es que la lista donde se colocan los objetos que queremos que se comparen, contiene un objeto “gafas” que si está encendido pero está oculto en otro sitio. Así el jugador puede tener desacierto si no toma las medidas adecuadas al darse cuenta que el trabajador necesita gafas.

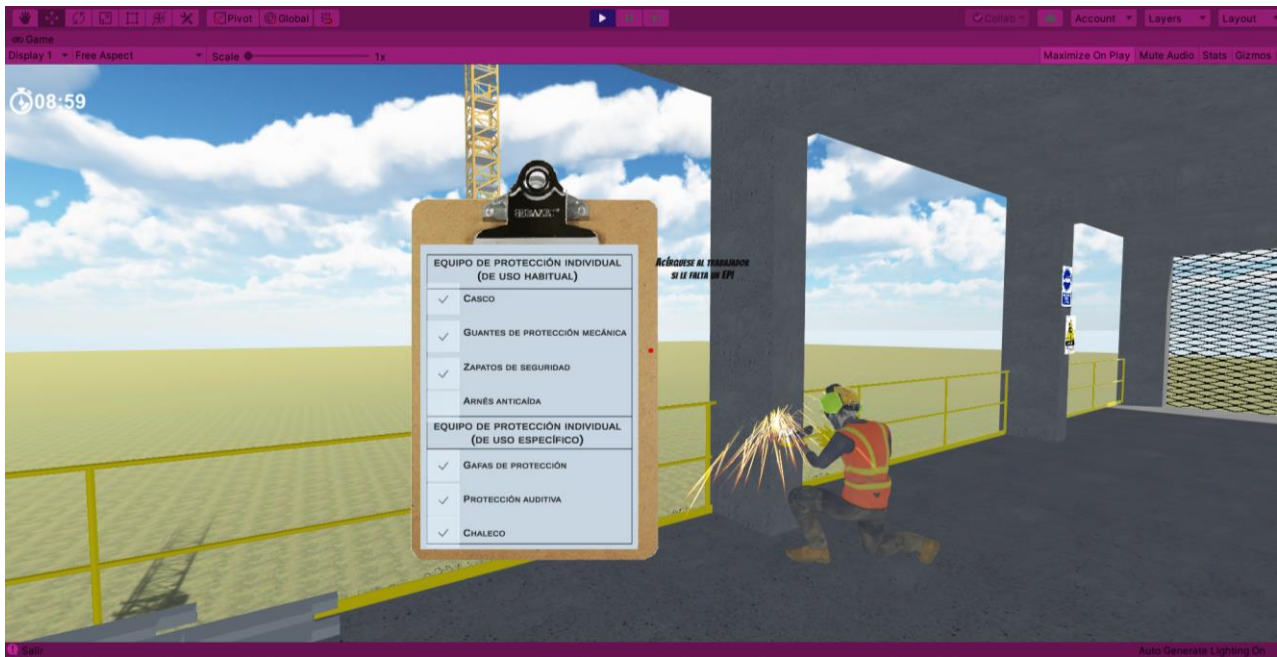


Figura 37. Check list de un trabajador en el Inspector

4.4.6 Selección de EPI que necesita el trabajador

Para esta actividad, se activa un box collider al tronco (parte del cuerpo del trabajador), que al igual que la actividad anterior, se activará el momento de ingresar en una zona determinada, que sea cercana a su cuerpo, al ingresar allí se desplega un tablero con los EPI, Figura 38, y el jugador seleccionará con el cursor el EPI que requiere el trabajador, este código se encuentra en el Script. Seleccionar el EPI le falta al trabajador del Anexo K. Lo que permite es que al clicar se active el objeto apagado del trabajador, Figura 39.



Figura 38. EPI que desea que use el trabajador



Figura 39. Trabajador con EPI seleccionado

4.4.7 Comparación de datos

Lo que hace el Script. Comparar información guardada de los Check List del Anexo K es tomar los datos del contenedor que se creó y guardó información y compararlos con los objetos (los objetos son los equipos de protección de la escena), cuando los dos sean iguales, sumará un punto, cuando no, tomará. Compara todos datos de cada tablero y guarda un valor de cada check list, es decir un valor en cada trabajador. Realiza lo mismo con cada lista de verificación (7 trabajadores + 1 EPC). Además, me guarda un puntaje total que es una suma de los resultados de todas las listas, datos que sirven más adelante para el Informe Final.

4.5 Informe final

El Informe Final es un documento .txt que se genera cuando cumplimos el objetivo. Contiene información como nombre del jugador, el tiempo de recorrido, el valor total de aciertos, los aciertos en cada una de las listas de verificación de los trabajadores y de protección colectiva. Incluye un mensaje final que está en función del tiempo y del puntaje total que el jugador obtiene, Figura 40.

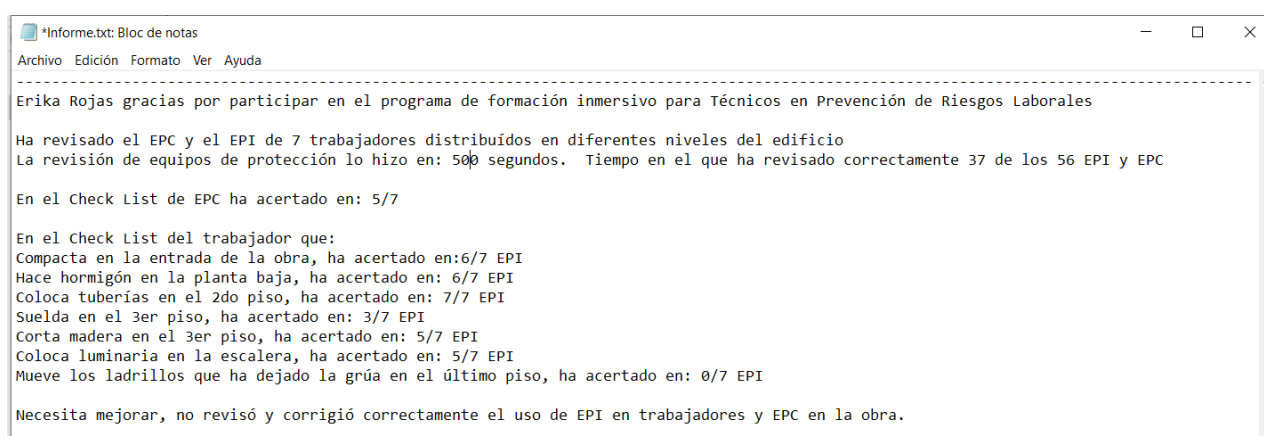


Figura 40. Informe Final

Para generar el Informe Final, se utiliza el Script. Terminar la experiencia y crear informe final. del Anexo K, aquí se llama a valores que se han obtenido de los scripts antes explicados, *float* tiempo, string Nombre, puntaje total y la lista de respuestas individual de cada trabajador.

Aquí se agregan las condicionantes, según el puntaje y el tiempo obtenido.

Se utiliza un *StreamWriter* que guarda la información y genera un .txt. Este archivo se guarda en una dirección que está añadida en el código. Si no existe el directorio donde se pretende guardar, crea uno nuevo, y si ya existe, sobrescribe el documento.

El script descrito se activa cuando se cumplen las 2 condiciones antes mencionadas, cuando termina el tiempo establecido o cuando se presiona la letra M del teclado. Estas dos condiciones cierran el programa y generan el informe.

4.6 Experiencia en PC

Una vez que hemos creado la experiencia en Unity, hemos hecho pruebas y estamos conformes con los resultados. Podemos obtener un archivo ejecutable, que sigue el procedimiento, Edit > Project Settings > Player > Llenar información como se aprecia en Figura 41, y Figura 42.

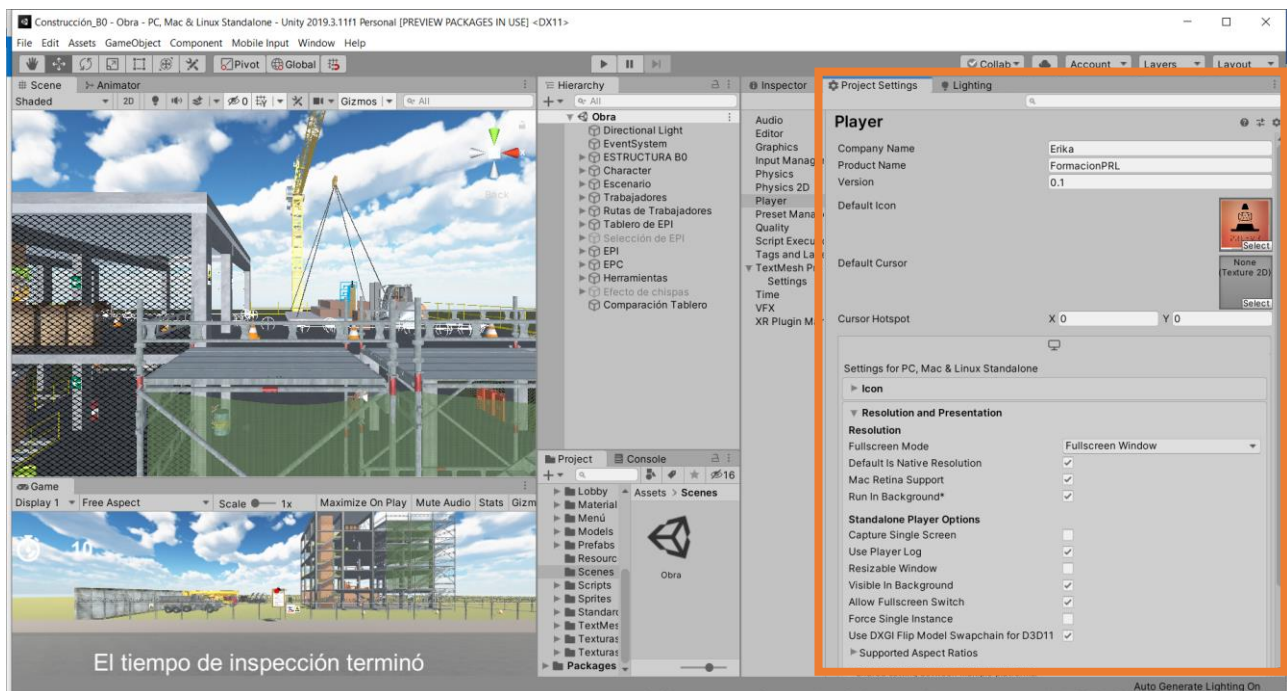


Figura 41. Ventana de Project Settings

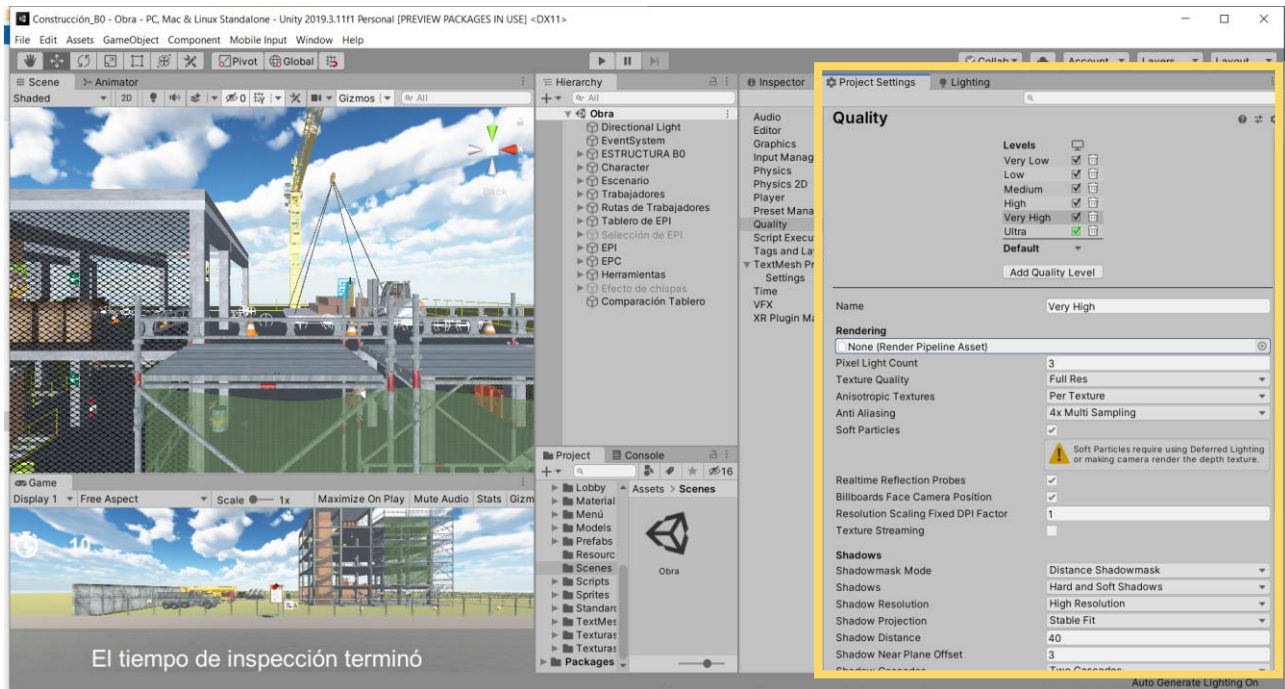


Figura 42. Ventana de Project Settings

Una vez ingresados los detalles de jugador y calidad, File > Build Settings > Build, como indica la Figura 43. Al terminar, se crea una carpeta que contiene el archivo ejecutable.

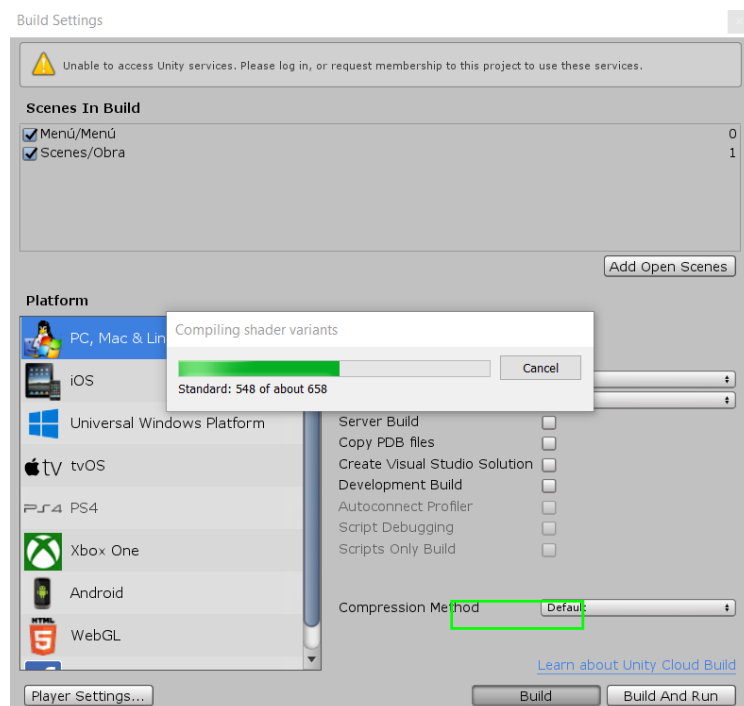


Figura 43. Para crear archivo ejecutable

4.7 Experiencia en RV

Unity permite utilizar dispositivos de RV, de tal manera que para adaptar la aplicación no se necesitan aplicaciones extras. Para habilitar el soporte de RV, en el menú elegimos Edit > Project

Settings > Player > XR Settings y activamos la casilla Virtual Reality Supported, como indica la Figura 44, en la lista SDK se agrega el dispositivo de RV para el objetivo de compilación.

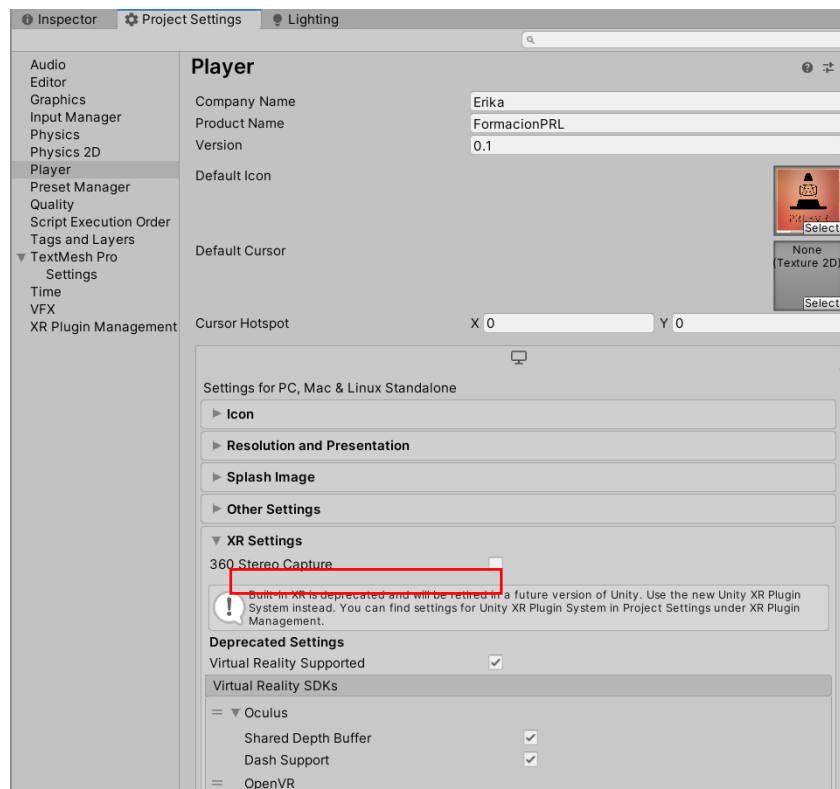


Figura 44. Realidad Virtual en Unity

Cuando se activa la RV suceden algunos eventos automáticamente, renderización en visión estereoscópica para dispositivos HMD, reconoce los movimientos de la cabeza y los transmite a la cámara de la aplicación. Los fabricantes de dispositivos HMD (Oculus o HTC) presentan herramientas que facilitan el acople a RV [60].

Capítulo V. Evaluación de la simulación creada

Este capítulo se centra en evaluar la experiencia de usuario (UX) y la aceptabilidad general de la simulación creada. De acuerdo con ISO 9241-110: 2010 (cláusula 2.15), la experiencia de usuario se define como: las percepciones de una persona y respuestas que resultan del uso y/o uso anticipado de un producto, sistema o servicio [99]. Se plantea la validación con un grupo reducido de profesionales, mediante la herramienta ejecutable en PC. Como la mayoría de los usuarios están familiarizados con las escalas Likert, decidí desarrollar declaraciones subjetivas en lugar de, por ejemplo, preguntas de entrevista. En la formulación de las declaraciones, se evita el uso de superlativos y expresiones, como "muy" o "más". Por lo tanto, permiten que el evaluador (mi persona), use la escala de uno a cinco fácilmente.

5.1 Metodología

Para la validación de la experiencia se utiliza un panel de expertos detallado en la Tabla 10. Se seleccionan cinco expertos que cumplan los siguientes requisitos: a) más de 10 años de experiencia, b) experiencia como investigador o profesor en el área de prevención de riesgos laborales, seguridad y salud en la construcción y/o proyectos con tecnologías en RV y RA. Se desarrolla un cuestionario basado en un cuestionario de evaluación que contiene medidas subjetivas. Se centran en la calidad de la interacción humana con la tecnología, investigación del autor Olsson [100].

Tabla 10. Caracterización del panel de expertos que validó la simulación

Profesión (Grado)	Ocupación	Área en el que trabaja	Años de experiencia
Ingeniero Civil, PhD	Investigador y profesor	Prevención de Riesgos Laborales, Seguridad y Salud en la Construcción	> 25
Ingeniero Electrónico, PhD	Investigador y profesor	Tecnologías en la construcción, Realidad Virtual y Aumentada	> 25
Ingeniero Civil, PhD	Investigador, profesor y consultor	Gestión de proyectos, Tecnología en la Industria de la Construcción y Capacitación en Ingeniería	> 15
Ingeniero Civil, PhD candidato	Investigador y profesor	Realidad Virtual y Aumentada, Prevención de Riesgos Laborales	> 10
Ingeniero Civil, PhD candidato	Investigador y desarrollador	Realidad Virtual y Aumentada, Prevención de Riesgos Laborales	> 10

5.2 Cuestionario para evaluación

El cuestionario describe 12 categorías de experiencia, y se plantean 19 afirmaciones donde el usuario indica su nivel de conformidad, Tabla 11. Se utiliza una escala Likert de cinco puntos, según el nivel de acuerdo (totalmente en desacuerdo=1, en desacuerdo=2, ni de acuerdo ni en desacuerdo=3, de acuerdo=4 y totalmente en acuerdo=5). El cuestionario se realiza en Google Forms.

Tabla 11. Cuestionario. Adaptado de Olsson [100].

Clases	Significado	Categoría de experiencia	Descripción	Pienso que...
Experiencias instrumentales	Demuestran y se originan a partir de, por ejemplo, utilidad, logro del usuario, rendimiento del producto y soporte para actividades del usuario.	Empoderamiento	Se relaciona con la sensación de contar con nuevas posibilidades, instrumentos y formas de aprender y capacitarse.	... [Formación en PRL] me permite aprender de una manera que no es posible con otra tecnología ... Con [] puedo capacitarme en el trabajo que realizan los técnicos en PRL en sus visitas de inspección
		Eficiencia	Sensación de realizar tareas cotidianas y actividades con menos esfuerzo, tiempo y otros recursos.	... con [] puedo tomar decisiones de manera efectiva y corregir los errores de los trabajadores sin problema
		Significado	Se relaciona con el servicio de <i>Serious Game</i> que parece personalmente significativo, apropiado y relevante en el contexto actual del usuario	... el contenido al que accedo y uso con [] cumple con normativas y me aporta conocimiento mientras lo utilizo ... [] explica la función de un TPRL de manera dinámica e inmersiva
Experiencias cognitivas y epistémicas	Se relacionan con pensamientos, información humana, procesamiento y racionalidad.	Conciencia	Aumento de la percepción del entorno y de lo relacionado con elementos digitales (es decir, el "paisaje digital").	... con [] obtengo perspectivas interesantes de la obra de construcción y los equipos de seguridad implementados ... [] amplía mi comprensión de actividades ya conocidas
		Intuitividad	Sensación de naturalidad y en interactuar con la información de la experiencia	... con [] puedo entender y reaccionar fácilmente al trabajo que desempeña un técnico en obra ... [] Permite una forma natural de interactuar con información digital específica (sistemas de seguridad) de obras de construcción
Experiencias emocionales	Se relacionan con las reacciones emocionales subjetivas originadas por el uso de un producto.	Asombro	Sensación de experimentar o lograr algo extraordinario o novedoso	... Encuentro un gran placer en entrenarme en Prevención de Riesgos Laborales []
		Sorpresa	Sorpresa ya que recibe información contextual relevante, y útil	... con [] puedo encontrar información inesperada o sorprendente ... [] funciona sorprendentemente mejor de lo que esperaba
		Satisfacción	Sentimientos de satisfacción	... las actividades cotidianas de un TPRL se sienten acogedoras con []

(continúa en la siguiente página)

Tabla 11. (continuación)

Clases	Significado	Categoría de experiencia	Descripción	Pienso que...
Experiencias sensoriales	Se relacionan con experiencias de sentido instintivo.	Cautiverio	Sensación de estar inmerso y comprometido en la interacción con el entorno	... la interacción con [] cautiva mi atención de manera positiva ya que transmite en un entorno digital, el entorno real de una obra de construcción
Experiencias motivacionales y de comportamiento	Se crean cuando el uso de un servicio motiva a hacer algo o perseguir un objetivo con la ayuda de la tecnología.	Inspiración	Sentimientos de ser estimulado cognitivamente, ansioso por apropiarse de los servicios de la herramienta para nuevos propósitos.	... Cuando uso [], surgen nuevos propósitos o formas de usarlo ... el uso de [] aumenta aún más mi entusiasmo por ello
		Motivación	Motiva a aprender con ayuda de la tecnología	... [] me anima a aprender y realizar bien el trabajo de técnico en PRL
		Creatividad	Genera sentimientos artísticos y auto expresivos hacia usuarios que se encuentran inmersos en programas formativos con tecnología, representando en lo digital, el mundo real	... usar [] estimula mi imaginación ... [] Me permite observar una obra de construcción real de manera digital de formas novedosas

5.3 Resultados

Después de aplicar el cuestionario de evaluación del Anexo L, se obtiene el promedio de cada afirmación planteada, los resultados se aprecian en la Tabla 12. Los resultados están ordenados según el nivel de conformidad de mayor a menor.

Tabla 12. Promedio de los resultados del cuestionario

Pienso que...	Nivel de conformidad
... la interacción con [] cautiva mi atención de manera positiva ya que transmite en un entorno digital, el entorno real de una obra de construcción	5
... [] Me permite observar una obra de construcción real de manera digital de formas novedosas	5
... [] Permite una forma natural de interactuar con información digital específica (sistemas de seguridad) de obras de construcción	4.8
... el contenido al que accedo y uso con [] cumple con normativas y me aporta conocimiento mientras lo utilizo	4.6
... con [] obtengo perspectivas interesantes de la obra de construcción y los equipos de seguridad implementados	4.6
... Cuando uso [], surgen nuevos propósitos o formas de usarlo	4.6
... usar [] estimula mi imaginación	4.6
... [Formación en PRL a técnicos prevencionistas] me permite aprender de una manera que no es posible con otra tecnología	4.4
... [] me explica la función de un TPRL de manera dinámica e inmersiva	4.4
... con [] puedo entender y reaccionar fácilmente al trabajo que desempeña un técnico en obra	4.4
... las actividades cotidianas de un técnico en PRL se sienten acogedoras con []	4.4
... Con [] puedo capacitarme en el trabajo que realizan los técnicos en PRL en sus visitas de inspección	4.2
... con [] puedo tomar decisiones de manera efectiva y corregir los errores de los trabajadores sin problema	4.2
... Encuentro un gran placer en entrenarme en prevención de riesgos laborales []	4.2
... [] me anima a aprender y realizar bien el trabajo de técnico en PRL	4.2
... [] amplía mi comprensión de actividades ya conocidas	4
... con [] puedo encontrar información inesperada o sorprendente	4
... el uso de [] aumenta aún más mi entusiasmo por ello	4
... [] funciona sorprendentemente mejor de lo que esperaba	3.6

La desviación estándar de los datos obtenidos es, $\sigma = 0.358$. Demuestra que la dispersión de los datos es baja.

5.4 Análisis de resultados

El análisis de resultados se hará según las clases establecidas en la Tabla 11. Recordando que los valores que se toman son, totalmente en desacuerdo=1, en desacuerdo=2, ni de acuerdo ni en desacuerdo=3, de acuerdo=4 y totalmente en acuerdo=5.

- De todas las clases, Las experiencias sensoriales son las que mejor puntuación presenta, 5, es decir todos están totalmente de acuerdo en que la experiencia transmite la sensación de estar inmerso y comprometido en la interacción con el entorno. Sin embargo, se debe considerar que solo se analizó categoría dentro de esta clase.
- La siguiente mejor puntuación le pertenece a las Experiencias motivacionales y de comportamiento con 4.48. Se analizan en distintas categorías y refleja que el usuario se siente motivado a hacer algo y/o perseguir objetivos con ayuda de la tecnología. Todas sus categorías reflejan la aceptación por parte del usuario.
- Las Experiencias cognitivas y epistémicas con 4.45. Esta clase describe el aumento de la percepción del entorno y de lo relacionado con el paisaje digital. Cumpliendo satisfactoriamente con el análisis de cada una de sus categorías lo que se pretende transmitir con la experiencia.
- Las experiencias instrumentales indican un promedio de 4.36. Esta clase se analiza en base a tres categorías, empoderamiento, eficiencia y significado. La puntuación más baja presenta en la capacitación en el trabajo que realizan los TPRL, sin embargo, su puntuación refleja que están de acuerdo.
- La clase de experiencias emocionales contiene categorías que han sido evaluadas bajo 4, si bien 3.6 no es una mala calificación ya que no refleja ni en acuerdo ni desacuerdo. Esta categoría intenta sorprender al usuario. Es lógico pensar que en un entorno donde utilizemos RV y RA, una herramienta de PC no logrará sorprendernos más de lo esperado. Pero las experiencias emocionales presentan otras categorías que reflejan el placer de recibir información en PRL.

Según el análisis de los resultados, se puede decir que la experiencia no transmite un alto nivel de emociones, precisamente sorpresa. Pero que cautiva la atención del usuario, le brinda las ventajas de observar una construcción real en un modelo virtual. Además, que aprende de manera que no es posible con cualquier tecnología.

Capítulo VI. Conclusiones y futuras líneas de investigación

Se ha logrado identificar las brechas que hoy en día existen en la formación de TPRL, según expresan los TPRL. Indican que necesitan leyes más consistentes con los recursos para su aplicación y la realidad de la obra, donde también debería ejercerse una inspección de trabajo más eficiente. No están conformes con el tiempo y tipo de formación. Esta formación insuficiente para los TPRL resulta preocupante, ya que se trata un recurso preventivo clave para fomentar la cultura en PRL en una obra de construcción. Ante esta exposición surge la necesidad de “Crear un plan de formación” con métodos diferentes de aprendizaje mediante líneas de actuación referentes a I+D+i. Con esto se ha logrado identificar que una de las formas más efectivas de mejorar el rendimiento de seguridad es la capacitación innovadora. Los académicos plantean que los programas de formación en PRL, que utilizan *Serious Games* o RV, tienen un amplio potencial para la formación significativa.

En base a las brechas y necesidades identificadas, se ha logrado crear un flujograma de las funciones que desempeña un técnico en prevención de riesgos laborales en sus visitas de inspección de obra. El flujograma fue diseñado de una manera sencilla, considerando las actividades que realiza el técnico en cada fase, pero preservando la esencia del rol del TPRL en sus inspecciones en la obra. Este flujograma permite entender el alcance que puede tener la herramienta desarrollada. Logra recrear, mediante el uso de diversas tecnologías, entornos reales en un entorno virtual, acercando el escenario al día a día que viven los trabajadores.

Se utiliza la plataforma de video juegos de Unity que presenta muchas ventajas, entre esas crear entornos virtuales interactivos, sin la necesidad de dominar en profundidad el C#, el lenguaje de programación que utiliza para los algoritmos que establecen la relación causa-efecto entre el comportamiento del usuario y sus efectos.

Más en particular, esta plataforma permite importar un modelo BIM, y la aplicación de objetos, texturas, e interacciones que generen una sensación más realista a la experiencia. Para la elaboración de la herramienta objetivo de este trabajo, se ha diseñado la experiencia en torno al flujograma con las tareas específicas del técnico. La programación requiere ser rigurosa y detallada para transmitir al usuario una experiencia óptima, que cumpla con el propósito planteado y permita capacitar al técnico. En el flujograma que se basa, el TPRL realiza su recorrido de obra, enfrentándose a situaciones donde debe demostrar su conocimiento en el uso adecuado de equipos de protección. Y en las acciones que debe tomar en caso de que los trabajadores incumplan su uso. Al tener características de un video juego, tiene que además ser una experiencia atractiva y motivadora, por lo que se ha implementado un tiempo y puntuación que impulse el actuar del usuario. La herramienta elaborada recrea la función de un TPRL en sus visitas de inspección a obra. El TPRL debe cumplir normativas y demostrar conocimientos mientras lo usa. La experiencia estimula su imaginación, aumenta su percepción del entorno y de lo relacionado con elementos digitales. Pueden capacitarse en TPRL y tomar decisiones con los trabajadores que incumplan.

Se logró validar la herramienta mediante la valoración de un panel de expertos en materia de PRL, uso de tecnologías de RV y RA y gestión de proyectos, con un mínimo de 10 años de experiencia. Quienes experimentaron y valoraron positivamente el uso de la herramienta. Para ello se envió un

archivo ejecutable de la experiencia, y una encuesta creada en Google Forms. Se ha logrado cautivar la atención positivamente de los expertos, ya que pueden desenvolverse en un entorno digital, que representa un entorno real de construcción. Además de que les permite observar una obra de construcción real de manera digital, de formas novedosas. Los resultados del estudio permiten validar la hipótesis planteada. Y con eso se puede implementar la herramienta a distintos programas formativos para TPRL. La experiencia virtual puede estar sujeta a mejoras, una construcción con técnicos y trabajadores más fluida, que claramente requiere más esfuerzo en la programación del instrumento. Esto sería necesario en una etapa de refinado profesional, si bien como demostrador académico cumple con su propósito.

El programa de formación elaborado puede ser una excelente herramienta para formar TPRL en un área específica, y así consolidar, reforzar o actualizar sus conocimientos. Es una herramienta que ayuda a sistematizar las tareas, lo que abre también la posibilidad a que pueda usarse para optimizar las visitas.

Futuras líneas de trabajo

- Se sugiere la recreación de todo el flujo de trabajo de un TPRL para transmitir una experiencia más completa y realista.
- Implementar la experiencia obtenida en un grupo de profesionales más amplio y utilizando dispositivos de RV, y validar su uso masivo.
- Crear experiencias formativas enfocadas en las diferentes especialidades de los TPRL y evaluar su experiencia y aceptabilidad.

Referencias

- [1] MITRAMISS, «Estadística de Accidentes de Trabajo 2018», p. 2018, 2018.
- [2] «Real Decreto 1161/2001, de 26 de octubre, por el que se establece el título de Técnico superior en Prevención de Riesgos Profesionales y las correspondientes enseñanzas mínimas.», *Bol. Of. del Estado*, p. 28, 2001.
- [3] C. Sánchez, H; Bautista, «1ª Encuesta en España a Técnicos de Prevención de Riesgos Laborales».
- [4] J. H. Saleh y C. C. Pendley, «From learning from accidents to teaching about accident causation and prevention: Multidisciplinary education and safety literacy for all engineering students», *Reliab. Eng. Syst. Saf.*, vol. 99, pp. 105-113, 2012.
- [5] R. Van Eck, «Digital game-based learning: It's not just the digital natives who are restless», *Educ. Rev.*, vol. 41, n.º 2, p. 16, 2006.
- [6] H. Dieleman y D. Huisinigh, «Games by which to learn and teach about sustainable development: exploring the relevance of games and experiential learning for sustainability», *J. Clean. Prod.*, vol. 14, n.º 9-11, pp. 837-847, 2006.
- [7] T.-Y. Chuang y W.-F. Chen, «Effect of computer-based video games on children: An experimental study», en *2007 First IEEE International Workshop on Digital Game and Intelligent Toy Enhanced Learning (DIGITEL'07)*, 2007, pp. 114-118.
- [8] K.-Y. Lin, J. W. Son, y E. M. Rojas, «A pilot study of a 3D game environment for construction safety education», *J. Inf. Technol. Constr.*, vol. 16, n.º 5, pp. 69-84, 2011.
- [9] S. Bhoir y B. Esmaeili, «State-of-the-Art Review of Virtual Reality Environment Applications in Construction Safety», pp. 457-468, 2015.
- [10] A. Chen, M. Golparvar-Fard, y B. Kleiner, «Design and development of SAVES: A construction safety training augmented virtuality environment for hazard recognition and severity identification», en *Computing in Civil Engineering (2013)*, 2013, pp. 841-848.
- [11] K. Peffers *et al.*, «The Design Science Research Process: A Model for Producing and Presenting Information Systems Research», 2006.
- [12] K. Peffers, T. Tuunanen, M. A. Rothenberger, y S. Chatterjee, «A Design Science Research Methodology for Information Systems Research», 2007.
- [13] J. G. Walls, G. R. Widmeyer, y O. A. El Sawy, «Building an information system design theory for vigilant EIS», *Inf. Syst. Res.*, vol. 3, n.º 1, pp. 36-59, 1992.
- [14] A. R. Hevner, S. T. March, J. Park, y S. Ram, «Design science in information systems research», *MIS Q. Manag. Inf. Syst.*, vol. 28, n.º 1, pp. 75-105, 2004.
- [15] «Eurostat - Data Explorer». [En línea]. Disponible en: <https://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/submitViewTableAction.do>. [Accedido: 17-mar-2020].
- [16] I. (International L. Organization), «Construction sector». [En línea]. Disponible en: <https://www.ilo.org/global/industries-and-sectors/construction/lang-en/index.htm>. [Accedido: 28-ene-2020].
- [17] P. G. Abbott, *Technology transfer in the construction industry: infrastructure and industrial development*, n.º 223. Economist Intelligence Unit, 1985.
- [18] T. Callen, «¿Qué es el producto Interno Bruto?», *Finanz. Desarro.*, vol. 48, pp. 48-49, 2008.
- [19] M. Panaia, *El sector de la Construcción: Un proceso de industrialización inconcluso*. Buenos Aires, 2004.
- [20] ODHE (Observatori de Drets Humans y Empresas), «El sector de la construcción y las infraestructuras», pp. 1-12, 2018.
- [21] A. González, J. Bonilla, M. Quintero, C. Reyes, y A. Chavarro, «Analysis of the causes and consequences of accidents occurring in two constructions projects», *Rev. Ing. Construcción*, vol. 31, pp. 5-16, 2016.
- [22] M. Buss, M; White, «The Rise of Construction 4.0», 2016. [En línea]. Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=BBNbpq24m9o&t=2702s%2C+2016>. [Accedido: 24-mar-2020].
- [23] C. M. Eastman, C. Eastman, P. Teicholz, R. Sacks, y K. Liston, *BIM handbook: A guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors*.

- John Wiley & Sons, 2011.
- [24] P. Demian y D. Walters, «The advantages of information management through building information modelling», *Constr. Manag. Econ.*, vol. 32, n.º 12, pp. 1153-1165, 2014.
- [25] G. Lee, R. Sacks, y C. M. Eastman, «Specifying parametric building object behavior (BOB) for a building information modeling system», *Autom. Constr.*, vol. 15, n.º 6, pp. 758-776, 2006.
- [26] E. C. Picó, *Introducción a la tecnología BIM*. 2008.
- [27] S. Blanco, Fernando. García, Javier. Muñoz, «Guía BIM», *Build. Spain*, 2020.
- [28] H. P. Díaz, O. G. S. Rivera, y J. A. G. Guerra, «Filosofía Lean Construction para la gestión de proyectos de construcción», *Av. Investig. en Ing.*, vol. 11, n.º 1, pp. 32-53, 2014.
- [29] U. H. Issa, «Implementation of lean construction techniques for minimizing the risks effect on project construction time», *Alexandria Eng. J.*, vol. 52, n.º 4, pp. 697-704, 2013.
- [30] I. E. Sutherland, «A head-mounted three dimensional display», en *Proceedings of the December 9-11, 1968, fall joint computer conference, part I*, 1968, pp. 757-764.
- [31] P. Milgram, H. Takemura, A. Utsumi, y F. Kishiro, «A class of displays on the reality-virtuality continuum», *Telemanipulator Telepresence Technol. Boston, MA, USA SPIE*, p. 282.
- [32] N. Bockholt, «Realidad virtual, realidad aumentada, realidad mixta y ¿qué significa “inmersión” realmente?», *Noboot*, pp. 1-6, 2016.
- [33] H. Rheingold, *Virtual reality: exploring the brave new technologies*. Simon & Schuster Adult Publishing Group, 1991.
- [34] G. Kipper y J. Rampolla, *Augmented Reality: an emerging technologies guide to AR*. Elsevier, 2012.
- [35] B. Marr, «Why everyone must get ready for the 4th industrial revolution», *Forbes Tech*, vol. 5, 2016.
- [36] T. O. Osunsanmi, C. Aigbavboa, I. Ohiomah, y A. Oke, «Construction 4.0: The future of South Africa construction industry», *Int. Sch. Sci. Res. Innov.*, vol. 12, n.º 3, pp. 206-212, 2018.
- [37] T. D. Oesterreich y F. Teuteberg, «Understanding the implications of digitisation and automation in the context of Industry 4.0: A triangulation approach and elements of a research agenda for the construction industry», *Comput. Ind.*, vol. 83, pp. 121-139, 2016.
- [38] A. M. Costin y J. Teizer, «Fusing passive RFID and BIM for increased accuracy in indoor localization», *Vis. Eng.*, vol. 3, n.º 1, p. 17, 2015.
- [39] R. P. L. Fernandes, «Advantages and disadvantages of BIM platforms on construction site», 2013.
- [40] R. Fernández, «Prevención de Riesgos Laborales en la construcción: un enfoque holístico.», *Gestión práctica riesgos laborales Integr. y Desarro. la gestión la prevención*, n.º 171, pp. 12-25, 2019.
- [41] OIT, «Informe III: Estadísticas de lesiones profesionales», en *Decimosexta Conferencia Internacional de Estadísticos del Trabajo*, 1999.
- [42] M. R. Hallowell y J. A. Gambatese, «Construction safety risk mitigation», *J. Constr. Eng. Manag.*, vol. 135, n.º 12, pp. 1316-1323, 2009.
- [43] P. Lorent, «From drawing board to building site: Working conditions, quality and economic performance», *Off. Off. Publ. Eur. Community, Luxemb.*, 1991.
- [44] C. Arévalo, «Integración de la prevención en el diseño de obras de construcción: Relación con la siniestralidad laboral, análisis de su regulación normativa, bases conceptuales y desarrollo internacional», *Inf. la Constr.*, vol. 65, n.º 531, pp. 325-334, 2013.
- [45] R. Haslam *et al.*, «Contributing factors in construction accidents», *Appl. Ergon.*, vol. 36, n.º 4 SPEC. ISS., pp. 401-415, 2005.
- [46] M. Casanovas, J. Armengou, y G. Ramos, «Occupational risk index for assessment of risk in construction work by activity», *J. Constr. Eng. Manag.*, vol. 140, n.º 1, pp. 1-9, 2014.
- [47] C. Andrade, «Gestión de Seguridad y Salud en la Construcción de Edificaciones», 2010.
- [48] H. T. Peterson Jr, «Summary report on the post-accident review meeting on the Chernobyl accident: International Nuclear Safety Advisory Group. International Atomic Energy Agency (IAEA) Safety Series No. 75-INSAG-1 (STI/PUB/740), Vienna, IAEA, 1986. 260 Austrian schillings». Elsevier, 1987.
- [49] S. Cox y R. Flin, «Safety culture: philosopher's stone or man of straw?», *Work Stress*, vol. 12, n.º 3, pp. 189-201, 1998.
- [50] L. Ostrom, C. Wilhelmsen, y B. Kaplan, «Assessing safety culture», *Nucl. Saf.*, vol. 34, n.º 2,

- pp. 163-172, 1993.
- [51] P. X. W. Zou, «Fostering a strong construction safety culture», *Leadersh. Manag. Eng.*, vol. 11, n.º 1, pp. 11-22, 2011.
- [52] D. Zhao y J. Lucas, «Virtual reality simulation for construction safety promotion», *Int. J. Inj. Contr. Saf. Promot.*, vol. 22, n.º 1, pp. 57-67, 2015.
- [53] D. De, D. De Riesgos, y J. C. I, «Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de prevención de Riesgos Laborales. Modificación 29 de diciembre de 2014.», *Boletín Of. del Estado*, pp. 1-24, 2014.
- [54] C. Martinez, «Impacto de la formación en España de los técnicos en prevención de riesgos laborales en el sector industrial y de la construcción.», Universidad Camilo José Cela, 2017.
- [55] I. (Instituto N. de S. e H. en el Trabajo), «Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.», 1997.
- [56] F. J. Martinez Montesinos, «Estudio sobre la figura del Coordinador de Seguridad y Salud durante la ejecución de la obra en España», 2017.
- [57] España. Jefatura del Estado, «Ley 54/2003, de 12 de diciembre, de reforma del marco normativo de la prevención de riesgos laborales», *Boletín Of. del Estado*, n.º 298, 13 de diciembre, p. 44408 a 44415, 2003.
- [58] «Real Decreto 604/2006, de 19 de mayo, por el que se modifican el Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención, y el Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen las disposic», *Boletín Of. del Estado*, pp. 20084-20091, 2006.
- [59] I. N. de S. e H. en el T. INSHT, «Estrategia Española de Seguridad y Salud en el Trabajo 2015-2020», 2013.
- [60] A. Rigol Carrasco, «Posibilidades de la Realidad Virtual para la prevención de riesgos laborales en el sector de la construcción», 2017.
- [61] Comisión Europea, «Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones: Trabajo más seguro y salidable para todos. Modernización de la legislación y las políticas de la UE de salud y seguridad en el», pp. 1-22, 2017.
- [62] «Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo».
- [63] «Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, por el que se establecen disposiciones Mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo», *Real Decreto 1215/1997 Disposiciones mínimas Segur. y salud para la Util. por los Trab. los equipos Trab.*, pp. 43620-43629, 2008.
- [64] Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, «Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relativos a las obras de construcción», *J. Chem. Inf. Model.*, vol. 53, n.º 9, pp. 1689-1699, 2019.
- [65] E. Miranda Herrán, «Los delitos contra la seguridad de los trabajadores», *Comun. Present. en Jorn. sobre la situación la prevención riesgos laborales en la CAV y las Responsab. Empres. en Segur. y salud laborales. Confed. Empres. Bizk. Bilbao.*, vol. 27, 2009.
- [66] Jefatura del Estado, «Ley 38/1999, de Ordenación de la Edificación», *Boletín Of. del Estado*, n.º 266, de 6 de noviembre, pp. 38925-38934, 1999.
- [67] «Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.», 1997.
- [68] J. Pérez, Alfonso; Barcelona, *La Seguridad y la Salud en la obras de construcción. Análisis crítico de responsabilidades de los diferentes agentes implicados. Integración de la Prevención de Riesgos Laborales en el Proceso de Edificación.* 2010.
- [69] «REAL DECRETO 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención», *Boletín Of. del Estado*, vol. 27, n.º 31/01/1997, pp. 3031-3045, 1997.
- [70] M. Barrutia, «Las distintas responsabilidades de los técnicos en prl en el ejercicio de su profesión», vol. 28.
- [71] A. Carratalá, «Automatización del diseño de experiencias de Realidad Virtual para la Prevención de Riesgos Laborales», 2019.
- [72] F. Gavilanes, Cecilia; Merayo, Antonio; Sanz, «Prevención a través del diseño en las obras

- de construcción», en *Seguridad y Salud en el Trabajo*, 2018.
- [73] R. T. Szymberski, «Construction project safety planning», *Tappi J.*, vol. 80, n.º 11, pp. 69-74, 1997.
- [74] J. Teizer, «Right-time vs real-time pro-active construction safety and health system architecture», *Constr. Innov.*, vol. 16, n.º 3, pp. 253-280, 2016.
- [75] H. W. Heinrich, «Industrial Accident Prevention. A Scientific Approach.», *Ind. Accid. Prev. A Sci. Approach.*, n.º Second Edition, 1941.
- [76] J. W. Garrett y J. Teizer, «Human factors analysis classification system relating to human error awareness taxonomy in construction safety», *J. Constr. Eng. Manag.*, vol. 135, n.º 8, pp. 754-763, 2009.
- [77] J. Rasmussen, «Risk management in a dynamic society: a modelling problem», *Saf. Sci.*, vol. 27, n.º 2-3, pp. 183-213, 1997.
- [78] J. Reason, «Human error: models and management», *Bmj*, vol. 320, n.º 7237, pp. 768-770, 2000.
- [79] B. Strauch, *Investigating human error: Incidents, accidents, and complex systems*. CRC Press, 2017.
- [80] M. Oliver y D. Carr, «Learning in virtual worlds: Using communities of practice to explain how people learn from play», *Br. J. Educ. Technol.*, vol. 40, n.º 3, pp. 444-457, 2009.
- [81] J. Hinze y D. B. Russell, «Analysis of fatalities recorded by OSHA», *J. Constr. Eng. Manag.*, vol. 121, n.º 2, pp. 209-214, 1995.
- [82] J. K. Dickinson, P. Woodard, R. Canas, S. Ahamed, y D. Lockston, «Game-based trench safety education: development and lessons learned», *J. Inf. Technol. Constr.*, vol. 16, n.º 8, pp. 119-134, 2011.
- [83] A. P. Squelch, «Virtual reality for mine safety training in South Africa», *J. South. African Inst. Min. Metall.*, vol. 101, n.º 4, pp. 209-216, 2001.
- [84] A. Munro, R. Breau, J. Patrey, y B. Sheldon, «Cognitive aspects of virtual environments design», *Handb. virtual Environ. Des. implementation, Appl.*, pp. 415-434, 2002.
- [85] H. Guo, H. Li, G. Chan, y M. Skitmore, «Using game technologies to improve the safety of construction plant operations», *Accid. Anal. Prev.*, vol. 48, pp. 204-213, 2012.
- [86] M. J. Burke, S. A. Sarpy, K. Smith-Crowe, S. Chan-Serafin, R. O. Salvador, y G. Islam, «Relative effectiveness of worker safety and health training methods», *Am. J. Public Health*, vol. 96, n.º 2, pp. 315-324, 2006.
- [87] M. Cha, S. Han, J. Lee, y B. Choi, «A virtual reality based fire training simulator integrated with fire dynamics data», *Fire Saf. J.*, vol. 50, pp. 12-24, 2012.
- [88] Y.-H. Huang, T. B. Leamon, T. K. Courtney, P. Y. Chen, y S. DeArmond, «A comparison of workplace safety perceptions among financial decision-makers of medium-vs. large-size companies», *Accid. Anal. Prev.*, vol. 43, n.º 1, pp. 1-10, 2011.
- [89] D. Manca, S. Brambilla, y S. Colombo, «Bridging between virtual reality and accident simulation for training of process-industry operators», *Adv. Eng. Softw.*, vol. 55, pp. 1-9, 2013.
- [90] G. J. M. Read, M. G. Lenné, y S. A. Moss, «Associations between task, training and social environmental factors and error types involved in rail incidents and accidents», *Accid. Anal. Prev.*, vol. 48, pp. 416-422, 2012.
- [91] Fundación Laboral de la Construcción, «VI Convenio Colectivo General del Sector de la Construcción», *Boletín Oficial del Estado (BOE)*. [En línea]. Disponible en: <https://www.fundacionlaboral.org/actualidad/noticias/sector/publicado-en-el-boe-el-vi-convenio-general-del-sector-de-la-construccion>. [Accedido: 27-abr-2020].
- [92] Real Decreto. 773/1997, «Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual», *Bol. Of. del Estado*, vol. 140, pp. 1-7, 1997.
- [93] Parlamento Europeo y el Consejo de la Unión Europea, «Reglamento (UE) 2016/425 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 9 de marzo de 2016, relativo a los equipos de protección individual y por el que se deroga la Directiva 89/686/CEE del Consejo», *D. Of. la Unión Eur.*, vol. 93, n.º 81, de 31 de marzo, p. 51 a 98, 2016.
- [94] Línea Prevención, «Protecciones colectivas | Protecciones colectivas en el sector de la construcción». [En línea]. Disponible en: <http://proteccionescollectivas.lineaprevencion.com/protecciones-colectivas>. [Accedido: 29-

- abr-2020].
- [95] H. Li, G. Chan, y M. Skitmore, «Multiuser virtual safety training system for tower crane dismantlement», *J. Comput. Civ. Eng.*, vol. 26, n.º 5, pp. 638-647, 2012.
 - [96] Unity, «Unity - Manual». [En línea]. Disponible en: <https://docs.unity3d.com/es/530/Manual/UICanvas.html>. [Accedido: 07-abr-2020].
 - [97] M. Arnau, *Documento explicativo de Unity 3D*. .
 - [98] F. L. de la Construcción, «Linea Prevención». [En línea]. Disponible en: <http://www.lineaprevencion.com/contenidosinformativos>. [Accedido: 02-abr-2020].
 - [99] I. S. O. FDIs, «Ergonomics of human system interaction-Part 210: Human-centered design for interactive systems (formerly known as 13407)», *Int. Organ. Stand. (ISO)*. Switz., 2009.
 - [100] T. Olsson, «Human Factors in Augmented Reality Environments», *Hum. Factors Augment. Real. Environ.*, pp. 203-232, 2013.

Anexos**Anexo A. Evaluación de Riesgos**

EVALUACIÓN DE RIESGOS		HOJA 1	
MONTADOR DE PROTECCIONES COLECTIVAS CÓDIGO: ER 3303		Evaluación: Inicial Periódica X Evaluación inicial: Feb/01 Evaluación Periódica: Sep/07	
RIESGOS IDENTIFICADOS	Probabilidad	Consecuencia	Estimación del riesgo
1. Caída de personas a distinto nivel. Realización de trabajos en altura.	Media	Dañino	Moderado
2. Caída de personas al mismo nivel. Objetos en las zonas de paso.	Media	Ligeramente Dañino	Tolerable
3. Caída de objetos por derrumbamiento. Tierras de excavaciones, cargas suspendidas, etc.	Baja	Dañino	Tolerable
4. Caída de objetos por manipulación. Equipos, herramientas, materiales, etc.	Media	Ligeramente Dañino	Tolerable
5. Caída de objetos desprendidos. Materiales procedentes de pisos superiores.	Baja	Dañino	Tolerable
6. Pisadas sobre objetos. Objetos en las zonas de paso.	Media	Ligeramente Dañino	Tolerable
7. Golpes contra objetos inmóviles. Objetos en las zonas de paso, elementos estructurales, etc.	Media	Ligeramente Dañino	Tolerable
8. Golpes y cortes con objetos o herramientas. Equipos, herramientas, materiales, etc.	Alta	Ligeramente Dañino	Moderado
9. Proyección de fragmentos o partículas. Utilización de sierras, amoladoras, etc.	Baja	Dañino	Tolerable
10. Sobreesfuerzos. Manipulación manual de cargas. Posturas forzadas.	Media	Dañino	Moderado
11. Exposición a temperaturas extremas. Realización de trabajos en el exterior.	Media	Ligeramente Dañino	Tolerable
12. Contactos eléctricos. Utilización de herramientas eléctricas.	Baja	Dañino	Tolerable
13. Atropellos, golpes y choques contra vehículos. Circulación de maquinaria y vehículos en la obra.	Baja	Dañino	Tolerable
14. Accidentes de tráfico. Desplazamientos a las obras.	Baja	Dañino	Tolerable
15. Agentes químicos. Proximidad a tareas en las que se genera polvo.	Baja	Ligeramente Dañino	Trivial
16. Agentes físicos. Exposición a ruido.	Baja	Dañino	Tolerable
Además de las medidas preventivas aquí expuestas, los trabajadores deberán respetar las condiciones internas de seguridad establecidas por la empresa contratante.			

EVALUACIÓN DE RIESGOS		HOJA 1	
MONTADOR DE PROTECCIONES COLECTIVAS		CÓDIGO: ER 3303	
EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL (de uso habitual)			
✓ Casco. ✓ Guantes de protección mecánica. ✓ Botas de seguridad. ✓ Arnés anticaída y elementos de amarre.			
EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL (de uso específico)			
✓ Gafas de protección tipo montura universal. ✓ Mascarilla autofiltrante contra partículas sólidas y líquidas. ✓ Protección auditiva. ✓ Botas de seguridad de agua. ✓ Traje de agua. ✓ Ropa de trabajo/ropa de trabajo con elementos reflectantes. ✓ Chaleco reflectante. ✓ Ropa de protección contra frío y mal tiempo.			
Nota: Además de estos equipos, el trabajador utilizará aquellos que sean exigidos por el titular de las instalaciones donde desarrolle su actividad.			
REQUISITOS ESPECÍFICOS			
Trabajadores especialmente sensibles: embarazadas, menores, transplantes, etc. Poner este hecho en conocimiento de la empresa.			

EVALUACIÓN DE RIESGOS		HOJA 2
MONTADOR DE PROTECCIONES COLECTIVAS		CÓDIGO: ER 3303
MEDIDAS DE CONTROL		
<p>1. Caída de personas a distinto nivel.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.1. No iniciar la actividad sin previo conocimiento del procedimiento interno "Procesos de Montaje Protecciones Colectivas", así como las medidas preventivas contenidas en el Plan de Seguridad de la Obra que sean de aplicación. 1.2. Verificar el buen estado de las vías, lugares y zonas de trabajo antes de hacer uso de ellas. 1.3. Para trabajos en proximidades de desniveles de altura superior a 2 m, es obligatorio el uso de arnés anticaída asegurados a una línea de vida instalada para tal fin o a un punto fijo de la estructura. 1.4. Antes de colocarse el arnés anticaída será examinado y rechazado si no ofrece garantía o no es inteligible la etiqueta con la fecha de fabricación. 1.5. Para desplazarse/ subir/ bajar por estructuras, así como cualquier tipo de desnivel, se tendrá que acceder por escaleras reglamentarias o accesos adecuados, como escaleras fijas, etc. Se prohíbe acceder o descender por lugares no destinados a tal uso. 1.6. Observar que existe la iluminación adecuada para acceder y moverse en altura. 1.7. Las barandillas deben comprobarse periódicamente para verificar que mantienen las características resistentes iniciales, reparándose o sustituyéndose en caso necesario. 1.8. Para el uso de escaleras de mano se seguirán las siguientes recomendaciones: <ul style="list-style-type: none"> • Las escaleras de mano tendrán un sistema de fijación antideslizante. • Antes de utilizarse una escalera de mano deberá asegurarse su estabilidad. En caso de escaleras simples la parte superior se sujetará al parámetro en el que se apoya. • Las escaleras de mano simples se colocarán formado, a ser posible, un ángulo de 75° con la horizontal. • El ascenso y descenso y los trabajos desde escaleras se efectuará frente a la misma. • Se prohíbe el transporte y manipulación de cargas por o desde escaleras de mano cuando el peso o dimensiones puedan comprometer la seguridad del trabajador. La escalera de mano no se utilizará por dos o más personas simultáneamente. • No se usarán escaleras de construcción improvisadas. • Las escaleras de mano se revisarán periódicamente. • Se prohíbe la utilización de escaleras de madera pintadas. 		
<p>2. Caída de personas al mismo nivel.</p> <ol style="list-style-type: none"> 2.1. Las zonas de trabajo se mantendrán en todo momento en condiciones óptimas de orden y limpieza. 2.2. Los acopios de materiales se realizarán de forma ordenada, determinando las zonas de acopio para los distintos materiales, alejadas de los lugares de paso y de trabajo. 2.3. Es obligatorio el uso de calzado de seguridad. 		
<p>3. Caída de objetos por derrumbamiento.</p> <ol style="list-style-type: none"> 3.1. No trabajar nunca bajo cargas suspendidas. 3.2. Para mejorar la seguridad de los trabajadores próximos a los equipos de elevación de cargas, es preciso: <ul style="list-style-type: none"> • Establecer las vías de circulación de cargas suspendidas que eviten pasar por encima de los puestos de trabajo. • Situar al operador de forma que pueda controlar tanto la zona de carga como la de descarga, de no ser posible, debe recibir la ayuda de otro operario mediante gestos codificados. 3.3. Normas de seguridad para el manejo seguro de los equipos elevadores: <ul style="list-style-type: none"> • Nunca se debe sobrepasar la carga máxima admisible del equipo. • Asegurar que la carga está equilibrada. para ello, levantar la carga ligeramente y observar. • Transportar las cargas bien sujetas. Los cables deben trabajar en posición y ángulos adecuados (máximo 90°). • Controlar visualmente la zona de trabajo y respetar las vías de circulación de las cargas suspendidas para evitar transportarlas por encima de los puestos de trabajo. • Elevar y descender las cargas lentamente, evitando toda arrancada o parada brusca. • No dejar con cargas suspendidas los equipos de elevación. • Nunca debe transportar a personas sobre cargas, ganchos o eslingas vacías. • Realizar las conexiones empalmes con los medios adecuados y debidamente protegidos. 		

EVALUACIÓN DE RIESGOS		HOJA 2
MONTADOR DE PROTECCIONES COLECTIVAS		CÓDIGO: ER 3303
4. Caída de objetos por manipulación. 4.1. Cuando se manipulen cargas pesadas se irá equipado con calzado de seguridad con puntera reforzada y guantes de protección. 4.2. Si se manipulan materiales resbaladizos, desiguales, con bordes cortantes, o cualquier otra circunstancia que dificulte el agarre en condiciones óptimas, poner los medios necesarios para que los objetos sean agarrados de la mejor de las maneras: uso de guantes, manos perfectamente secas, ayuda de compañeros, etc. 4.3. Evitar los bolsillos, cinturones u otros elementos fáciles de enganchar. La vestimenta deberá ser cómoda y ajustada. 4.4. Al finalizar el trabajo, no abandonar las herramientas en cualquier parte, mantener en todo momento el orden y limpieza en el entorno de trabajo. 4.5. No distraer la atención aunque la tarea se conocida o simple, y seguir siempre el procedimiento de trabajo. 4.6. Sujetar de forma segura los materiales y herramientas en el lugar de trabajo. 4.7. Las herramientas se transportarán en cinturones portaherramientas.		
5. Caída de objetos desprendidos. 5.1. Es obligatorio el uso del casco de protección en el interior del recinto de la obra. 5.2. Evitar situarse en las zonas de vertidos de escombros. 5.3. Debe evitarse la estancia en zonas que puedan caer objetos o herramientas, prestando especial atención a los elementos estructurales de las instalaciones en las que se realicen los trabajos.		
6. Pisadas sobre objetos. 6.1. Utilizar calzado de seguridad con suela antiperforación y puntera reforzada. 6.2. Deben eliminarse los clavos y puntas de los tablones.		
7. Choques contra objetos inmóviles. 7.1. Las zonas de paso deberán estar libres de obstáculos. 7.2. Se tendrá especial cuidado al circular por zonas donde exista maquinaria y las zonas de paso sean estrechas. 7.3. Todos los lugares de trabajo o de tránsito tendrán iluminación suficiente.		
8. Golpes y cortes con objetos o herramientas. 8.1. Se deben utilizar equipos de protección individual, en concreto guantes y calzado, en los trabajos que así lo requieran para evitar golpes y/o cortes por objetos o herramientas. 8.2. Cumplir las prácticas de seguridad asociadas a la utilización de herramientas manuales: <ul style="list-style-type: none"> Selección de la herramienta adecuada para el trabajo a realizar. Mantenimiento de las herramientas en buen estado y sustituir la deteriorada. Evitar un entorno que dificulte su uso correcto. Guardar las herramientas en un lugar seguro. Asignación personalizada de las herramientas siempre que sea posible. Almacenamiento y transporte correcto, extremando medidas en herramienta de precisión o con partes específicas de seguridad (pe herramienta aislada). Las herramientas manuales deben estar constituidas con materiales resistentes, serán las apropiadas para la operación a realizar y no tendrán efectos ni desgaste que dificulten su correcta utilización. Realizar un correcto mantenimiento de las herramientas manuales, realizando revisiones periódicas controladas. 		
9. Proyección de fragmentos o partículas. 9.1. Durante las tareas que conlleven desprendimiento de fragmentos o partículas (clavado, extracción de clavos, corte de materiales, etc.) se utilizarán gafas de seguridad.		
10. Sobreesfuerzos. 10.1. Los equipos de protección individual no deberán interferir en la capacidad de realizar movimientos, no impedirán la visión ni disminuirán la destreza manual. 10.2. El calzado constituirá un soporte adecuado para los pies, será estable, con la suela no deslizante, y proporcionará una protección adecuada del pie contra la caída de objetos. 10.3. Evitar mantener de forma prolongada posturas forzadas e inclinaciones superiores a 20º. 10.4. Se recomienda realizar frecuentes cambios de postura y evitar inclinaciones de cabeza y tronco, giros y posiciones asimétricas, posiciones elevadas de los miembros superiores. Si no es posible se descansará cada cierto tiempo en función del tipo de trabajo que se realice.		

EVALUACIÓN DE RIESGOS		HOJA 2
MONTADOR DE PROTECCIONES COLECTIVAS		CÓDIGO: ER 3303
<p>10.5. Como medidas preventivas de carácter general en la Manipulación manual de cargas, se debe:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Emplear medios mecánicos para manipular materiales y productos. • Los objetos de peso o morfología inapropiada se manipularán en grupo. • No cargar pesos superiores a 25 Kg. • Adoptar posturas de manipulación manual de cargas adecuadas. • Cuando las cargas se tengan que manipular manualmente, se debe tener en cuenta las siguientes recomendaciones: <ul style="list-style-type: none"> - Mantener los pies separados y firmemente apoyados. - Doblar las rodillas para levantar la carga del suelo y mantener la espalda recta. - No levantar la carga por encima de la cintura en un solo movimiento. - No girar el cuerpo mientras se transporta la carga. - Mantener la carga cercana al cuerpo, así como los brazos, estando éstos los más tensos posibles. <p>10.6. Si la carga es excesiva, pedir ayuda a un compañero manipulándola coordinadamente y asegurándose de agarrarla correctamente.</p>		
<p>11. Exposición a temperaturas extremas.</p> <p>11.1. Hidratarse adecuadamente bebiendo agua con sales o líquidos isotónicos.</p> <p>11.2. Prever la dotación de agua en los desplazamientos y trabajos en los que no exista agua potable en la zona en que se desarrollen los trabajos.</p> <p>11.3. Siempre que sea posible evitar la realización de los trabajos en los horarios en los que la temperatura es mas extrema.</p> <p>11.4. Se utilizaran todos los equipos, tanto para el frío como para el calor, viento, humedad, etc. como son gorros, impermeables, botas de agua, crema de protección solar, etc. que sean necesarias.</p> <p>11.5. Se recomienda el uso de protección solar en caso de exposición prolongada en horas de máxima incidencia.</p>		
<p>12. Contactos eléctricos.</p> <p>12.1. Respetar las normas de seguridad básicas en el uso de equipos eléctricos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Antes de utilizar cualquier equipo eléctrico se debe revisar su estado y el de sus conexiones y, particularmente, comprobar que conductores y partes activas estén bien aislados. Si se detecta cualquier anomalía se comunicará de inmediato al responsable para su reparación. • Se prohíbe el conexionado de cables eléctricos a los cuadros de suministro de energía sin la utilización de las clavijas macho-hembra. • Las conexiones eléctricas se harán mediante enchufes y tomas normalizadas que sean compatibles y aseguren una buena conexión. No se utilizarán bases de enchufe o 'ladrones' que no permitan la conexión a tierra de los equipos. • Cuando sean necesario utilizar alargaderas o bases de enchufe múltiples, asegurarse de que pueden soportar la potencia de los equipos conectados a ellas. Si estos elementos se sobrecargan, se pueden deteriorar o incluso quemar sus aislamientos. • Para desconectar un equipo de la toma de corriente, tirar de la clavija, nunca del cable. • No dejar conectadas a la red aquellas herramientas eléctricas que no estén en uso. 		
<p>13. Atropellos, golpes y choques contra vehículos.</p> <p>13.1. Cuando se realicen tareas cerca de zonas de circulación se recomienda:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Usar chaleco de alta visibilidad. • Permanecer fuera del radio de acción de la maquinaria. • Evitar permanecer en la zona de invisibilidad de camiones y máquinas (parte trasera). • Estar siempre atento a las evoluciones de la maquinaria y los vehículos. <p>13.2. Respetar y cumplir la señalización existente en los centros de trabajo.</p>		
<p>14. Accidentes de tráfico.</p> <p>14.1. Cumplimiento de las normas de circulación.</p> <p>14.2. Realizar en los plazos establecidos la ITV y efectuar revisiones periódicas para el correcto mantenimiento del vehículo (ruedas, luces, frenos, dirección,...), manteniendo en regla la documentación correspondiente.</p> <p>14.3. Evitar fatiga, conduciendo cómodo y descansado. En viajes largos descansar cada 2h bajando del vehículo.</p> <p>14.4. Se recomienda disponer de un botiquín de emergencia en los vehículos de trabajo.</p>		
<p>15. Agentes químicos (partículas en suspensión).</p> <p>15.1. Debe utilizarse mascarilla autofiltrante para partículas sólidas en aquellas zonas u operaciones donde se genere polvo: derribos, desescombro, corte con sierra, etc.</p>		

EVALUACIÓN DE RIESGOS	HOJA 2
MONTADOR DE PROTECCIONES COLECTIVAS	CÓDIGO: ER 3303
<p>16. Agentes físicos (ruido).</p> <p>16.1. Procurar realizar los descansos como comidas, desayunos, café... en lugares sin ruido.</p> <p>16.2. No permanecer en las proximidades de la fuente emisora si no es necesario.</p> <p>16.3. No tener en funcionamiento aparatos de radio mientras nos encontremos en puestos de trabajo ruidosos. En general, evitar los ruidos innecesarios.</p> <p>16.4. Respetar las delimitaciones y señalizaciones de las zonas de exposición al ruido. En caso de duda, consulta sobre el significado de las mismas antes de actuar.</p> <p>16.5. Utilizar los equipos de protección personal: orejeras o tapones, en función de las medidas preventivas establecidas por la instalación.</p>	

EVALUACIÓN DE RIESGOS					HOJA 3	
MONTADOR DE PROTECCIONES COLECTIVAS					CÓDIGO: ER 3303	
Nº Riesgo	Acción requerida	Responsable	Fecha finalización	Comprobación		
				Fecha	Firma	
Plan de acción realizado por:		Firma:		Fecha:		
Fecha próxima evaluación:						

Anexo B. Actividades generales de una empresa prevencionista

1.- Actividades Generales

A.- Servicio de vigilancia.

DIURNO. - Personal de “la empresa”, o subcontratado, se dedicará a vigilar de que no haya, o pretenda acceder al interior de la obra ninguna persona que no esté autorizada.

Para ello tendrá presente que cualquier persona que este o pretenda acceder a la obra, deberá disponer de una tarjeta que le autorice a estar en el interior de la misma.

NOCTURNO. - Se contratará a Empresas especializadas en el tema con las que “la empresa”, tenga acuerdos de colaboración, y se creará un programa de actuación para la realización del correspondiente servicio, según las necesidades de la obra. Dispondrán de un libro donde se reflejarán todas las incidencias que ocurran durante su horario de vigilancia.

B.- Suministro de EPI'S.

“La empresa”, podrá suministrar a todos los trabajadores de la obra los equipos de protección individual EPI'S, que les sean necesarios, en cada momento.

Existen dos posibles fórmulas o sistemas por los cuales se podrá llevar a cabo dicho suministro, uno de ellos es que se haya presupuestado el suministro de los mismos, por lo que se entregarán EPI's a todos aquellos trabajadores que los necesiten, mediante la firma del correspondiente albarán de entrega y siempre que se considere que el operario no está haciendo un uso abusivo de este suministro y otra es que si los operarios se presentan a la obra sin los EPI'S necesarios, estos se les suministren al momento, mediante el pago al contado de los mismos, salvo en los casos en los cuales “la empresa”, haya llegado a un acuerdo con el industrial correspondiente y se le facture a dicho industrial. En ambos casos, siempre, se llevará un control de entrega de EPI'S, que inevitablemente será firmado por el trabajador que reciba el equipo.

C.- Higiene de vestuarios y sanitarios.

Servicio subcontratado a una empresa del sector, que emitirá los correspondientes informes de realización del servicio y de los trabajos realizados en cada caso.

D.- Limpieza general de la obra.

Consiste en la retirada de los escombros producidos por los distintos industriales durante toda la ejecución de la obra. Estos escombros se retirarán o a un contenedor o a una zona de acopio, desde donde se procederá en su momento a la retirada de los mismos mediante camiones

Se tendrá en cuenta y se clasificarán los distintos tipos de escombros, tanto si se retiran de una u otra manera. El equipo de personal destinado a este trabajo, estará permanentemente limpiando la obra de escombros.

E.- Equipamiento de vestuarios.

Instalación de todos aquellos elementos propios de un vestuario, como son, taquillas, espejos, colgadores, bancos, etc. En el exterior del mismo se colocará un contenedor para la basura.

F.- Equipamiento de comedores.

Colocación de una o varias mesas, sillas o bancos para poder sentarse a comer, todo ello en el centro del módulo, en un lateral junto a la puerta de acceso al interior del mismo se situará una mesita con el o los hornillos u otros elementos para poder preparar la comida.

En el exterior del mismo se colocará un contenedor para la basura.

G.- Socorrista.

Personal de “la empresa”, con titulación de socorrista para poder atender a aquellos trabajadores que sufran algún tipo de accidente.

H.- Extintores.

Colocación en distintas zonas de la obra de extintores para cubrir cualquier riesgo de incendio.

Lugares de la obra en los que se instalarán extintores.

- ✓ Vestuarios y aseos del personal de la obra.
- ✓ Comedor del personal de la obra.
- ✓ Local de primeros auxilios.
- ✓ Oficinas de obra, independientemente de que la empresa que las utilice sea contratista o subcontratista.
- ✓ Almacenes con productos o materiales inflamables.
- ✓ Cuadro eléctrico general.
- ✓ Cuadro de máquinas fijas de obra.
- ✓ Almacenes de material, y talleres.
- ✓ Acopios especiales con riesgo de incendio, como son:
 - Ascensor de obra.
 - Dobladora mecánica de ferralla.
 - Grúas torre.
 - Hormigonera eléctrica
 - Máquinas portátiles de aterrajar.
 - Sierra circular de mesa, para material cerámico.

Se preverá, además, la existencia y utilización, de extintores móviles para trabajos de soldaduras capaces de originar incendios.

Normas para uso del extintor de incendios

1. En caso de incendio descuelgue el extintor y retire el pasador que inmoviliza el mando de accionamiento.
2. Póngase a sotavento; evite que las llamas o el humo vayan hacia usted.

3. Accione el extintor dirigiendo el chorro de manera racheada a la base de las llamas, hasta apagarlas o agotar el contenido.
4. Si ve que no puede dominar el incendio, avise al Servicio de Bomberos lo más rápidamente posible.

I.- Implantación de planes de emergencia.

Señalización e instrucciones de los caminos a seguir en caso de tener que realizar una evacuación de la obra por cualquier motivo.

J.- Control de accesos.

Control de que todas las personas que accedan a la obra estén autorizadas a ello, (es decir que se habrá comprobado su alta en la S.S., su formación y su vigilancia de la salud), a todos estos trabajadores se les entregará una tarjeta de identificación que les permita su acceso a la obra, en caso de no disponer de ella, no se les permitirá la entrada al interior de la misma. Cualquier persona que pretenda acceder a la obra, deberá disponer de la tarjeta que autorice su acceso al interior de la misma.

Para todas aquellas personas que pretendan acceder a la obra y no dispongan de la correspondiente tarjeta acreditativa, se dispondrá de tarjetas de autorización de acceso a la misma, las cuales se entregarán a toda persona no habitual de la misma y que por motivos profesionales tenga la necesidad de acceder a la obra.

Existen dos tipos de personas que pueden solicitar su entrada a la obra, una que solo necesite acceder a la zona de oficinas, por lo cual no se le exigirá llevar casco ni botas de seguridad, ya que la zona a la que tendrá limitado el movimiento no son necesarias estas medidas de seguridad, y otras que si tengan que acceder a zonas de la propia obra, por lo cual si se les exigirá llevar botas y casco de seguridad y en caso de no disponer de ellos, no se les autorizará su entrada a la misma.

Una vez abandone la obra el visitante autorizado entregará al vigilante la tarjeta de identificación recibida al acceso a la misma. Se llevará una relación de todas estas visitas, en la que se reflejará los datos del visitante, así como la hora de entrada y de salida.

K.- Organización del solar.

Estudio del funcionamiento de todas aquellas actividades que puedan incidir en el buen funcionamiento de la obra, (circuito de entrada y salida de vehículos para el suministro y retirada de materiales, acceso de trabajadores, aparcamientos necesarios, ubicación de casetas al servicio de los trabajadores y de casetas de oficinas y otros servicios, zonas de trabajo para las distintas actividades a realizar en el exterior de la obra, zonas de acopios de materiales, etc.

Anexo C. Control de procesos de montaje de EPC

D3-207002 Análisis Procesos de Montaje

EMPRESA PRINCIPAL:		FECHA:									
OBRA:		CATEGORIA:									
RESPONSABLE DE OBRA A+:											
ANALISIS DE LOS PROCESOS DE MONTAJE: Se analizarán los procesos y se evaluará el porcentaje de conformidad en base a los pasos a seguir.											
D3-207001-01 Cierre perimetral.		<table border="1"> <tr> <td>1.- Distancia entre pies de hormigón. (3,50m)</td> <td></td> </tr> <tr> <td>2.- Inserción de la valla.</td> <td></td> </tr> <tr> <td>3.- Unión mediante pletina y tuerca.</td> <td></td> </tr> </table>		1.- Distancia entre pies de hormigón. (3,50m)		2.- Inserción de la valla.		3.- Unión mediante pletina y tuerca.			
1.- Distancia entre pies de hormigón. (3,50m)											
2.- Inserción de la valla.											
3.- Unión mediante pletina y tuerca.											
<input type="checkbox"/> Aplica <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> No aplica <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Conforme <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> No conforme <input type="checkbox"/>								
D3-207001-02 Delimitación de pozos y taludes.		<table border="1"> <tr> <td>1.- Hincado de varilla.</td> <td></td> </tr> <tr> <td>2.- Atado mediante bridas.</td> <td></td> </tr> <tr> <td>3.- Protección superior.</td> <td></td> </tr> </table>		1.- Hincado de varilla.		2.- Atado mediante bridas.		3.- Protección superior.			
1.- Hincado de varilla.											
2.- Atado mediante bridas.											
3.- Protección superior.											
<input type="checkbox"/> Aplica <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> No aplica <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Conforme <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> No conforme <input type="checkbox"/>								
D3-207001-03 Barandilla provisional de forjado.		<table border="1"> <tr> <td>1.- Ubicación de sargentos cada 2m, 2,5m o 3m.</td> <td></td> </tr> <tr> <td>2.- Fijación en sopanda.</td> <td></td> </tr> <tr> <td>3.- Instalación de regles.</td> <td></td> </tr> <tr> <td>4.- Instalación de rodapié.</td> <td></td> </tr> </table>		1.- Ubicación de sargentos cada 2m, 2,5m o 3m.		2.- Fijación en sopanda.		3.- Instalación de regles.		4.- Instalación de rodapié.	
1.- Ubicación de sargentos cada 2m, 2,5m o 3m.											
2.- Fijación en sopanda.											
3.- Instalación de regles.											
4.- Instalación de rodapié.											
<input type="checkbox"/> Aplica <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> No aplica <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Conforme <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> No conforme <input type="checkbox"/>								
D3-207001-04 Accesos planta baja.		<table border="1"> <tr> <td>1.- Ubicación.</td> <td></td> </tr> <tr> <td>2.- Montaje soportes o pasarela</td> <td></td> </tr> <tr> <td>3.- Fijación o ensamble</td> <td></td> </tr> <tr> <td>4.- Instalación barandilla o plataforma</td> <td></td> </tr> </table>		1.- Ubicación.		2.- Montaje soportes o pasarela		3.- Fijación o ensamble		4.- Instalación barandilla o plataforma	
1.- Ubicación.											
2.- Montaje soportes o pasarela											
3.- Fijación o ensamble											
4.- Instalación barandilla o plataforma											
<input type="checkbox"/> Aplica <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> No aplica <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Conforme <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> No conforme <input type="checkbox"/>								

<p>D3-207001-05 Horcas y redes para horcas</p> <p> <input type="checkbox"/> Aplica <input type="checkbox"/> No aplica </p>	<table border="1"> <tbody> <tr><td>1.- Ubicación del pescante, dist.cada 4,5m.</td><td><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>2.-Fijación del soporte base.</td><td><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>3.-Fijación de la retención.</td><td><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>4.-Ensamblaje pescante-extensión.</td><td><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>5.-Ensamblaje en base y retención.</td><td><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>6.- Hincado de ganchos, cada 50cm.</td><td><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>7.- Atado y Tensado de red.</td><td><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>Caducidad de las redes. (Indicar fecha)</td><td><input type="checkbox"/></td></tr> </tbody> </table> <p> <input type="checkbox"/> Conforme <input type="checkbox"/> No conforme </p>	1.- Ubicación del pescante, dist.cada 4,5m.	<input type="checkbox"/>	2.-Fijación del soporte base.	<input type="checkbox"/>	3.-Fijación de la retención.	<input type="checkbox"/>	4.-Ensamblaje pescante-extensión.	<input type="checkbox"/>	5.-Ensamblaje en base y retención.	<input type="checkbox"/>	6.- Hincado de ganchos, cada 50cm.	<input type="checkbox"/>	7.- Atado y Tensado de red.	<input type="checkbox"/>	Caducidad de las redes. (Indicar fecha)	<input type="checkbox"/>
1.- Ubicación del pescante, dist.cada 4,5m.	<input type="checkbox"/>																
2.-Fijación del soporte base.	<input type="checkbox"/>																
3.-Fijación de la retención.	<input type="checkbox"/>																
4.-Ensamblaje pescante-extensión.	<input type="checkbox"/>																
5.-Ensamblaje en base y retención.	<input type="checkbox"/>																
6.- Hincado de ganchos, cada 50cm.	<input type="checkbox"/>																
7.- Atado y Tensado de red.	<input type="checkbox"/>																
Caducidad de las redes. (Indicar fecha)	<input type="checkbox"/>																
<p>D3-207001-06 Redes de cierre perimetral. Redes de cierre perimetral practicable.</p> <p> <input type="checkbox"/> Aplica <input type="checkbox"/> No aplica </p>	<table border="1"> <tbody> <tr><td>1.-Hincado cáncamos / tensado de cable.</td><td><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>2.-Tendido de redes.</td><td><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>3.-Atado y Tensado de red / ubicación mosquetones.</td><td><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>4.- Ubicación del faclcón en interior</td><td><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>Caducidad de las redes (Indicar fecha).</td><td><input type="checkbox"/></td></tr> </tbody> </table> <p> <input type="checkbox"/> Conforme <input type="checkbox"/> No conforme </p>	1.-Hincado cáncamos / tensado de cable.	<input type="checkbox"/>	2.-Tendido de redes.	<input type="checkbox"/>	3.-Atado y Tensado de red / ubicación mosquetones.	<input type="checkbox"/>	4.- Ubicación del faclcón en interior	<input type="checkbox"/>	Caducidad de las redes (Indicar fecha).	<input type="checkbox"/>						
1.-Hincado cáncamos / tensado de cable.	<input type="checkbox"/>																
2.-Tendido de redes.	<input type="checkbox"/>																
3.-Atado y Tensado de red / ubicación mosquetones.	<input type="checkbox"/>																
4.- Ubicación del faclcón en interior	<input type="checkbox"/>																
Caducidad de las redes (Indicar fecha).	<input type="checkbox"/>																
<p>D3-207001-07 Redes horizontales en huecos y cubierta tipo cortina</p> <p> <input type="checkbox"/> Aplica <input type="checkbox"/> No aplica </p>	<table border="1"> <tbody> <tr><td>1.- Tendido de la red.</td><td><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>2.- cáncamos/ubicación mosquetones.</td><td><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>3.-Atado y Tensado de red.</td><td><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>Caducidad de las redes (Indicar fecha).</td><td><input type="checkbox"/></td></tr> </tbody> </table> <p> <input type="checkbox"/> Conforme <input type="checkbox"/> No conforme </p>	1.- Tendido de la red.	<input type="checkbox"/>	2.- cáncamos/ubicación mosquetones.	<input type="checkbox"/>	3.-Atado y Tensado de red.	<input type="checkbox"/>	Caducidad de las redes (Indicar fecha).	<input type="checkbox"/>								
1.- Tendido de la red.	<input type="checkbox"/>																
2.- cáncamos/ubicación mosquetones.	<input type="checkbox"/>																
3.-Atado y Tensado de red.	<input type="checkbox"/>																
Caducidad de las redes (Indicar fecha).	<input type="checkbox"/>																
<p>D3-207001-08 Redes bajo forjado y redes de cubierta de naves</p> <p> <input type="checkbox"/> Aplica <input type="checkbox"/> No aplica </p>	<table border="1"> <tbody> <tr><td>1.- Instalación de los ganchos S.</td><td><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>2.- Fijación de la red al puntal.</td><td><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>Caducidad de las redes (Indicar Fecha)</td><td><input type="checkbox"/></td></tr> </tbody> </table> <p> <input type="checkbox"/> Conforme <input type="checkbox"/> No conforme </p>	1.- Instalación de los ganchos S.	<input type="checkbox"/>	2.- Fijación de la red al puntal.	<input type="checkbox"/>	Caducidad de las redes (Indicar Fecha)	<input type="checkbox"/>										
1.- Instalación de los ganchos S.	<input type="checkbox"/>																
2.- Fijación de la red al puntal.	<input type="checkbox"/>																
Caducidad de las redes (Indicar Fecha)	<input type="checkbox"/>																
<p>D3-207001-09 Barandilla. Escaleras, huecos y cubiertas</p> <p> <input type="checkbox"/> Aplica <input type="checkbox"/> No aplica </p>	<table border="1"> <tbody> <tr><td>1.- Ubicación de los montantes.</td><td><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>2.- Taladrado y fijado de montante.</td><td><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>3.- Instalació de soporte de regle.</td><td><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>4.- Fijación de regle horizontal.</td><td><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>5.- Fijación del rodapié.</td><td><input type="checkbox"/></td></tr> </tbody> </table> <p> <input type="checkbox"/> Conforme <input type="checkbox"/> No conforme </p>	1.- Ubicación de los montantes.	<input type="checkbox"/>	2.- Taladrado y fijado de montante.	<input type="checkbox"/>	3.- Instalació de soporte de regle.	<input type="checkbox"/>	4.- Fijación de regle horizontal.	<input type="checkbox"/>	5.- Fijación del rodapié.	<input type="checkbox"/>						
1.- Ubicación de los montantes.	<input type="checkbox"/>																
2.- Taladrado y fijado de montante.	<input type="checkbox"/>																
3.- Instalació de soporte de regle.	<input type="checkbox"/>																
4.- Fijación de regle horizontal.	<input type="checkbox"/>																
5.- Fijación del rodapié.	<input type="checkbox"/>																
<p>D3-207001-10 Protección de huecos</p> <p> <input type="checkbox"/> Aplica <input type="checkbox"/> No aplica </p>	<table border="1"> <tbody> <tr><td>1.- Tendido de la red o madera.</td><td><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>2.- Instalación de cáncamos.</td><td><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>3.- Clavado/atado de la red o madera.</td><td><input type="checkbox"/></td></tr> </tbody> </table> <p> <input type="checkbox"/> Conforme <input type="checkbox"/> No conforme </p>	1.- Tendido de la red o madera.	<input type="checkbox"/>	2.- Instalación de cáncamos.	<input type="checkbox"/>	3.- Clavado/atado de la red o madera.	<input type="checkbox"/>										
1.- Tendido de la red o madera.	<input type="checkbox"/>																
2.- Instalación de cáncamos.	<input type="checkbox"/>																
3.- Clavado/atado de la red o madera.	<input type="checkbox"/>																

D3-207001-11 Marquesina de protección <div> <input type="checkbox"/> Aplica <input type="checkbox"/> No aplica </div>	<table border="1"> <tr> <td>1.- Instalación soportes omega</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>2.- Encaje brazo-omega</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>3.- Tendido red o chapa</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>4.- Atado red o fijación chapa</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> </table> <div> <input type="checkbox"/> Conforme <input type="checkbox"/> No conforme </div>	1.- Instalación soportes omega	<input type="checkbox"/>	2.- Encaje brazo-omega	<input type="checkbox"/>	3.- Tendido red o chapa	<input type="checkbox"/>	4.- Atado red o fijación chapa	<input type="checkbox"/>
1.- Instalación soportes omega	<input type="checkbox"/>								
2.- Encaje brazo-omega	<input type="checkbox"/>								
3.- Tendido red o chapa	<input type="checkbox"/>								
4.- Atado red o fijación chapa	<input type="checkbox"/>								
D3-207001-12 Barandilla con red tipo tenis <div> <input type="checkbox"/> Aplica <input type="checkbox"/> No aplica </div>	<table border="1"> <tr> <td>1.- Atado y tensado cable superior</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>2.- Atado y tensado de la red al cable</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Caducidad de las redes (Indicar fecha)</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> </table> <div> <input type="checkbox"/> Conforme <input type="checkbox"/> No conforme </div>	1.- Atado y tensado cable superior	<input type="checkbox"/>	2.- Atado y tensado de la red al cable	<input type="checkbox"/>	Caducidad de las redes (Indicar fecha)	<input type="checkbox"/>		
1.- Atado y tensado cable superior	<input type="checkbox"/>								
2.- Atado y tensado de la red al cable	<input type="checkbox"/>								
Caducidad de las redes (Indicar fecha)	<input type="checkbox"/>								
D3-207001-13 Barandilla. Escaleras, huecos y cubiertas <div> <input type="checkbox"/> Aplica <input type="checkbox"/> No aplica </div>	<table border="1"> <tr> <td>Barandilla perimetral. (ver pm 3.7)</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> </table> <div> <input type="checkbox"/> Conforme <input type="checkbox"/> No conforme </div>	Barandilla perimetral. (ver pm 3.7)	<input type="checkbox"/>						
Barandilla perimetral. (ver pm 3.7)	<input type="checkbox"/>								
D3-207001-14 Protección de huecos de fachada <div> <input type="checkbox"/> Aplica <input type="checkbox"/> No aplica </div>	<table border="1"> <tr> <td>1.- Ubicación de la red.</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>2.- Instalación de tacos o cosido regle.</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>3.- Atado a cáncamo o a regle cosido.</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Caducidad de las redes (Indicar fecha)</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> </table> <div> <input type="checkbox"/> Conforme <input type="checkbox"/> No conforme </div>	1.- Ubicación de la red.	<input type="checkbox"/>	2.- Instalación de tacos o cosido regle.	<input type="checkbox"/>	3.- Atado a cáncamo o a regle cosido.	<input type="checkbox"/>	Caducidad de las redes (Indicar fecha)	<input type="checkbox"/>
1.- Ubicación de la red.	<input type="checkbox"/>								
2.- Instalación de tacos o cosido regle.	<input type="checkbox"/>								
3.- Atado a cáncamo o a regle cosido.	<input type="checkbox"/>								
Caducidad de las redes (Indicar fecha)	<input type="checkbox"/>								
D3-207001-15 Barandilla. Escaleras, huecos y cubiertas <div> <input type="checkbox"/> Aplica <input type="checkbox"/> No aplica </div>	<table border="1"> <tr> <td>Barandilla perimetral. (ver pm 3.7)</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> </table> <div> <input type="checkbox"/> Conforme <input type="checkbox"/> No conforme </div>	Barandilla perimetral. (ver pm 3.7)	<input type="checkbox"/>						
Barandilla perimetral. (ver pm 3.7)	<input type="checkbox"/>								
D3-207001-16 Señalización de seguridad <div> <input type="checkbox"/> Aplica <input type="checkbox"/> No aplica </div>	<table border="1"> <tr> <td>1.- Detección de puntos a señalar.</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>2.- Instalación de la señal.</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> </table> <div> <input type="checkbox"/> Conforme <input type="checkbox"/> No conforme </div>	1.- Detección de puntos a señalar.	<input type="checkbox"/>	2.- Instalación de la señal.	<input type="checkbox"/>				
1.- Detección de puntos a señalar.	<input type="checkbox"/>								
2.- Instalación de la señal.	<input type="checkbox"/>								
D3-207001-17 Líneas de vida <div> <input type="checkbox"/> Aplica <input type="checkbox"/> No aplica </div>	<table border="1"> <tr> <td>1.- Ubicación y taladrado punto fijo.</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>2.- Anclaje de mosquetón o gaza.</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> </table> <div> <input type="checkbox"/> Conforme <input type="checkbox"/> No conforme </div>	1.- Ubicación y taladrado punto fijo.	<input type="checkbox"/>	2.- Anclaje de mosquetón o gaza.	<input type="checkbox"/>				
1.- Ubicación y taladrado punto fijo.	<input type="checkbox"/>								
2.- Anclaje de mosquetón o gaza.	<input type="checkbox"/>								
D3-207001-18 Red vertical escalera <div> <input type="checkbox"/> Aplica <input type="checkbox"/> No aplica </div>	<table border="1"> <tr> <td>1.- Anclaje de cáncamos.</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>2.- Tendido de la red vertical.</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>3.- Atado en cáncamos / tensado</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> </table> <div> <input type="checkbox"/> Conforme <input type="checkbox"/> No conforme </div>	1.- Anclaje de cáncamos.	<input type="checkbox"/>	2.- Tendido de la red vertical.	<input type="checkbox"/>	3.- Atado en cáncamos / tensado	<input type="checkbox"/>		
1.- Anclaje de cáncamos.	<input type="checkbox"/>								
2.- Tendido de la red vertical.	<input type="checkbox"/>								
3.- Atado en cáncamos / tensado	<input type="checkbox"/>								
D3-207001-19 Plataformas de descarga <div> <input type="checkbox"/> Aplica <input type="checkbox"/> No aplica </div>	<table border="1"> <tr> <td>1.- Ubicación mediante grua</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>2.- Fijación de los puntales</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>3.- Instalación protecciones y señal</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> </table> <div> <input type="checkbox"/> Conforme <input type="checkbox"/> No conforme </div>	1.- Ubicación mediante grua	<input type="checkbox"/>	2.- Fijación de los puntales	<input type="checkbox"/>	3.- Instalación protecciones y señal	<input type="checkbox"/>		
1.- Ubicación mediante grua	<input type="checkbox"/>								
2.- Fijación de los puntales	<input type="checkbox"/>								
3.- Instalación protecciones y señal	<input type="checkbox"/>								

Relación de No Conformidades :

Anexo D. Lista de control de entrega de EPI a trabajadores

ENTREGA DE EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL	
Empresa:	CIF:
Trabajador:	DNI:

Según dispone el artículo 17 de la Ley 31/1995 sobre Prevención de Riesgos Laborales y el Real Decreto 773/1997 de Equipos de Protección Individual, el trabajador ha recibido los siguientes Equipos de Protección que se detallan a continuación (marcar con una "X"):

- | | |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> Calzado de seguridad (EN 345) | <input type="checkbox"/> Filtros contra gases y filtros combinados (EN 141) |
| <input type="checkbox"/> Calzado de protección (EN 346) | <input type="checkbox"/> Medias máscaras y cuartos de máscara (EN 140) |
| <input type="checkbox"/> Calzado de trabajo profesional (EN 347) | <input type="checkbox"/> Guantes protección riesgos mecánicos (EN 388) |
| <input type="checkbox"/> Casco de seguridad (EN 397) | <input type="checkbox"/> Guante anti-corte por cuchillos (EN 1082) |
| <input type="checkbox"/> Gafas de protección para los ojos (EN 166) | <input type="checkbox"/> Guantes protección frente al frío (EN 511) |
| <input type="checkbox"/> Pantalla operaciones de soldadura (EN 175) | <input type="checkbox"/> Guantes protección riesgos químicos (EN 374) |
| <input type="checkbox"/> Filtro y pantalla para soldadura (EN 169) | <input type="checkbox"/> Guantes protección riesgos térmicos (EN 407) |
| <input type="checkbox"/> Filtro y gafas para rayos infrarrojos (EN 171) | <input type="checkbox"/> Guantes para soldadores (EN 12477) |
| <input type="checkbox"/> Filtro y gafas para rayos ultravioleta (EN 170) | <input type="checkbox"/> Prendas de alta visibilidad (EN 471) |
| <input type="checkbox"/> Filtro y gafas contra radiación láser (EN 207) | <input type="checkbox"/> Prendas protección frente a la Intemperie (EN 343) |
| <input type="checkbox"/> Arnés anti-calda (EN 361) | <input type="checkbox"/> Prendas protección contra el frío (EN 342) |
| <input type="checkbox"/> Protectores auditivos (EN 352) | <input type="checkbox"/> Traje productos químicos, gases o vapores (EN 943) |
| <input type="checkbox"/> Mascarilla anti-polvo FFP1 (EN 149) | <input type="checkbox"/> Traje productos químicos, líquido a presión (EN 14605) |
| <input type="checkbox"/> Mascarilla anti-polvo FFP2 (EN 149) | <input type="checkbox"/> Traje productos químicos, pulverizaciones (EN 14605) |
| <input type="checkbox"/> Mascarilla anti-polvo FFP3 (EN 149) | <input type="checkbox"/> Traje productos químicos, partículas, fibras (EN 13982) |
| <input type="checkbox"/> Mascarilla filtrante con válvulas contra gases o gases y partículas (EN 405) | <input type="checkbox"/> Traje productos químicos, salpicaduras (EN 13034) |
| | <input type="checkbox"/> Otros (especificar): |

El receptor de los equipos ha recibido información relativa a las condiciones de manejo, mantenimiento y revisión del material entregado y ha sido informado de los trabajos y lugares donde deberá utilizarlos.

Así mismo, el trabajador acepta el compromiso de:

- Utilizar dichos equipos durante la jornada de trabajo en las áreas cuya obligatoriedad de uso esté establecido en norma y/o señalizado.
- Consultar cualquier duda sobre la correcta utilización, cuidado de su perfecto estado y conservación.
- Solicitar un nuevo equipo en caso de pérdida o deterioro del mismo.

Se recuerda que, según lo dispuesto en el Artículo 29 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, el trabajador deberá usar adecuadamente, atendiendo las instrucciones facilitadas, los medios y equipos de protección, y que en todo caso, de observar situaciones que entrañen riesgo para su seguridad y salud derivadas por el uso de los mismos, informará de inmediato a su superior jerárquico.

El incumplimiento por los trabajadores de los deberes anteriormente expuestos tendrá la consideración de incumplimiento laboral.

En _____, a _____ de _____ de 201_.

Firma del Trabajador D.N.I.	Firma y sello de la Empresa o Responsable
--------------------------------	---

**FICHA ACREDITATIVA DE LA ENTREGA DE INFORMACIÓN EN MATERIA DE
PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES A LOS TRABAJADORES**

De acuerdo con lo establecido en el art. 18 de la Ley 31/95, de 8 de noviembre (BOE 10/11/95), de Prevención de Riesgos Laborales, el trabajador por la presente declara haber sido informado por la empresa sobre:

"Los riesgos de su puesto trabajo, los riesgos generales del conjunto de la empresa, las medidas y actividades de protección y prevención aplicables a los riesgos anteriormente señalados, y el contenido del Plan de Prevención."

A este efecto se le ha informado sobre la siguiente documentación:

- ✓ Los riesgos genéricos y específicos en su puesto de trabajo, a partir de la Evaluación de Riesgos Laborales.
- ✓ Las medidas y actividades preventivas aplicados a los riesgos genéricos y específicos del puesto de trabajo.
- ✓ Normas básicas en caso de emergencias, evacuación y primeros auxilios.
- ✓ Otra información _____

Firmando el presente documento como justificante de la entrega de dicha información.

Empresa:
Nombre y apellidos del trabajador/a:
DNI:
Puesto de trabajo:
Fecha de entrega de la información:
Firma del trabajador/a:

Se deberán rellenar obligatoriamente todos los campos.
Sin la firma del trabajador, este documento no será válido.

Anexo E. Check List utilizado por TPRL para control en obras de construcción

CONTROL PERIÓDICO EN OBRAS DE CONSTRUCCIÓN

FECHA: ____/____/____

CONDICIONES PREVENTIVAS REVISADAS

DOTACIONES	INTERFERENCIA A TERCEROS	EXCAVACIONES Y CIMENTACIONES
<input type="checkbox"/> CARTEL TEL URGENCIA	<input type="checkbox"/> VALLADO DE OBRA	
<input type="checkbox"/> BOTIQUIN	<input type="checkbox"/> ACCESOS A OBRA	ESTRUCTURAS
<input type="checkbox"/> ASEOS, VESTUARIO, COMEDOR	<input type="checkbox"/> SEÑALIZACIÓN GENERAL	<input type="checkbox"/> REDES (horizontales, verticales, colocación)
<input type="checkbox"/> EXTINTORES	<input type="checkbox"/> SERVICIOS AFECTADOS	<input type="checkbox"/> BARANDILLAS
<input type="checkbox"/> OTROS	<input type="checkbox"/> OTROS	<input type="checkbox"/> PROTECCION HUECOS HORIZONTALES
INSTALACIÓN ELÉCTRICA	MEDIOS AUXILIARES	<input type="checkbox"/> ESCALERAS FIJAS
<input type="checkbox"/> CUADROS Y CONEXIONES	<input type="checkbox"/> ANDAMIOS TUBULARES	<input type="checkbox"/> CASTILLETES, ANDAMIOS HORMIGONADO
<input type="checkbox"/> OTROS	<input type="checkbox"/> ANDAMIOS BORRIQUETA	<input type="checkbox"/> OTROS
ALBAÑILERÍA	<input type="checkbox"/> ANDAMIOS COLGADOS	CUBIERTAS
<input type="checkbox"/> CERRAMIENTOS FACHADA	<input type="checkbox"/> ESCALERAS DE MANO	<input type="checkbox"/> INCLINADAS
<input type="checkbox"/> PARTICIONES INTERIORES	<input type="checkbox"/> PASARELAS, RAMPAS	<input type="checkbox"/> PLANAS
<input type="checkbox"/> GAS, ELÉCTRICA, AGUA,...	<input type="checkbox"/> PLATAFORMA MATERIALES	<input type="checkbox"/> OTRAS
<input type="checkbox"/> PROTEC HUECOS Y ESCALERAS	<input type="checkbox"/> TOLVA ESCOMBROS	EQUIPOS PROTECCION INDIVIDUAL
<input type="checkbox"/> OTROS	<input type="checkbox"/> CONTENEDORES	<input type="checkbox"/> CASCO DE SEGURIDAD
GLOBAL DE LA OBRA	<input type="checkbox"/> OTROS	<input type="checkbox"/> BOTAS DE SEGURIDAD
<input type="checkbox"/> ORDEN Y LIMPIEZA	MAQUINARIA	<input type="checkbox"/> GAFAS DE SEGURIDAD
<input type="checkbox"/> ZONAS DE PASO	<input type="checkbox"/> MOVIMIENTOS DE TIERRA	<input type="checkbox"/> MASCARILLA
<input type="checkbox"/> ILUMINACIÓN	<input type="checkbox"/> ELEVACIÓN	<input type="checkbox"/> GUANTES
<input type="checkbox"/> ACOPIOS	<input type="checkbox"/> MAQUINAS, HERRAMIENTAS	<input type="checkbox"/> SISTEMA ANTIÁCIDAS
<input type="checkbox"/> OTROS	<input type="checkbox"/> OTRAS	<input type="checkbox"/> OTROS

DOCUMENTACIÓN CONTRATA	SI	NO	DOCUMENTACIÓN SUBCONTRATAS	SI	NO
PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	REGISTRO DE EMPRESAS ACREDITADAS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
LIBRO DE VISITAS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	AUT. USO DE MAQUINARIA	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
LIBRO DE INCIDENCIAS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	LIBRO SUBCONTRATACIÓN	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
APERTURA DEL CENTRO DE TRABAJO	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	ENTREGA DE E.P.I.S	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
CERTIFICACION INSTALACION ELÉCTRICA	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	ACTA APROBACION PLAN SEGURIDAD	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
ACTA NOMBRAMIENTO COORDINADOR SEGURIDAD SALUD	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	PROTOCOLO EMERGENCIAS Y PRIMEROS AUXILIOS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
			ENTREGA PLAN DE PREVENCIÓN	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
			FORMACIÓN E INFORMACIÓN	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
			CALENDARIO LABORAL VIGENTE	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
			TIT. ACRED. Y HOMOLOGACIÓN MAQUINAS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
			PLAN SEGURIDAD Y SALUD	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
			DESIGNACIÓN DE RECURSO PREVENTIVO	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

*NOTA: LOS ASPECTOS CONSIDERADOS NO EXCLUYEN LA POSIBILIDAD DE LA EXISTENCIA DE OTROS RIESGOS

CONSIDERACIONES

Anexo F. Formulario de incidencia en obra

Incidencia / Acción de mejora

Fecha:

Nº:

Origen: <input type="checkbox"/> CLIENTE	<input type="checkbox"/> INTERNA	<input type="checkbox"/> PROVEEDOR	<input type="checkbox"/> TRANSPORTISTA	<input type="checkbox"/> OTROS
--	----------------------------------	------------------------------------	--	--------------------------------

Reclamante: persona que detecta la incidencia

Comunicador: en obra, personal que comunica incidencia a Responsable de Obra.

Cliente/proveedor/transportista/otros:

Datos persona de contacto:

Telf.:

Tipo de incidencia:

- ☐ De material con código MF
- ☐ De material con código UT
- ☐ De error en montaje
- ☐ De personal de APPLUS
- ☐ Relacionadas con el CSS / Direcció obra
- Inspección de Trabajo.
- ☐ De servicios
- ☐ Otras.

Causa de la incidencia:

- ☐ De formación.
- ☐ Incumplimiento de manual.
- ☐ Sistema constructivo.
- ☐ Actos vandálicos
- ☐ Error del proveedor, planificación o error en materiales de fabricación.

Descripción del problema:

Continuar detrás ⇐

Firma Reclamante:

Fecha: / /

Archivar y entregar a T.O. en la siguiente visita.

Firma RQ:

Fecha: / /

Entregar al Responsable de Calidad (RQ).

Anexo G. Informe semanal de obra

EMPRESA PRINCIPAL:

OBRA:

RESPONSABLE DE OBRA:

PLANNING DE TRABAJOS DE APPLUS SEGÚN PLANNING DE OBRA:

FASES DE OBRA	FECHA INICIO	FECHA FIN	OPERARIOS
IMPLANTACION			
CIMENTACION			
ESTRUCTURA			
ALBAÑILERIA			
CUBIERTA Y ACABADOS			

FECHA INICIO DE CONTRATO:

FECHA FIN DE CONTRATO:

FECHA PREVISTA FIN DE TRABAJOS DE APPLUS:

**ACTIVIDAD Y FASE EN LA QUE SE APRECIA
IRREGULARIDAD.**

•

SE ADJUNTA ANEXO FOTOGRAFICO:

INFORME GENERAL DEL ESTADO DE LA OBRA.

Informe realizado por:

Fecha :

Anexo H. PRL en la obra civil

La Prevención de riesgos laborales en la obra civil



1. La iluminación artificial debe ser adecuada y suficientemente intensa.
2. Debe haber sistemas de ventilación en los túneles.
3. En el túnel, se debe separar el tráfico de vehículos de las zonas de paso de peatones.
4. Se deben levantar las cargas flexionando las piernas y manteniendo siempre la espalda recta.
5. Recoger los materiales y almacenarlos ordenadamente.
6. Se deben definir y señalizar los circuitos internos de circulación de la obra.
7. Los trabajadores deben disponer de los EPI adecuados para cada actividad y utilizarlos.
8. Se debe repartir uniformemente la carga en los camiones.
9. En zanjas de profundidad superior a 1,30m, se deben hacer taludes, hacer talaches o apuntalar.
10. Deben separar los montones de tierra un mínimo de 2m del límite de coronación de las zanjas o de los taludes.
11. Las escaleras deben sobrepasar un mínimo de 1m el punto de apoyo superior y deben estar perfectamente sujetas.
12. Deben separarse los residuos de la obra en zonas de contenedores habilitadas para esta actividad.
13. Las pasarelas deben estar perfectamente ancladas, deben ser resistentes y antideslizantes, y deben estar dotadas de barandillas resistentes, de una altura mínima de 90cm y, cuando sea

necesario para impedir el paso o la caída de trabajadores y objetos, deben disponer, respectivamente, de una protección intermedia y de un rodapié.

14. Se deben señalizar los EPI necesarios para la obra mediante rótulos.
15. Se debe dotar a la obra de las dependencias necesarias para la limpieza personal y el bienestar de los trabajadores.
16. Se deben proteger los taludes con redes cuando exista riesgo de desprendimientos.
17. Se deben delimitar y señalizar las zonas de caída con una malla perimetral debidamente anclada y colocada a un mínimo de 2m del límite de coronación del talud.
18. La obra debe mantenerse limpia y ordenada.
19. Se debe mantener la maquinaria eléctrica en buen estado y conectarla al suelo cuando sea necesario.
20. Utilizar las líneas de vida perfectamente ancladas para las actividades en las que no es posible el uso de protecciones colectivas.
21. Se deben proteger los perímetros de forjado con barandillas resistentes, que deben tener una altura mínima de 90cm y disponer de un rodapié de protección, un pasamanos y una protección intermedia que impida el paso o resbalones de los trabajadores.
22. Se deben colocar pasarelas de un mínimo de 60 cm para andar sobre las armaduras.
23. Se deben colocar redes para evitar la caída.
24. Es necesario utilizar la sierra de disco con todas las protecciones que prevea el fabricante
25. Es necesario usar el arnés de seguridad en las actividades en cintras.
26. La grúa debe instalarse en un terreno compacto y utilizar estabilizadores.
27. Los andamios deben estar montados correctamente y disponer de sistemas normalizados de acceso, y hacer las comprobaciones correspondientes.
28. Las plataformas incorporadas a las placas de encofrar deben estar dotadas de barandillas resistentes, de una altura mínima de 90cm y, cuando sea necesario para impedir el paso o la caída de trabajadores y objetos, deben disponer, respectivamente de una protección intermedia y un rodapié.
29. Se deben limpiar las hormigoneras en zonas habilitadas para esta actividad.
30. Es necesario proteger los extremos de las varillas con capuchones protectores.
31. Se debe utilizar la maquinaria únicamente para transportar materiales, no se puede transportar personas.
32. No se pueden desplazar cargas con la grúa por encima de las personas.
33. El gancho de la grúa debe disponer de un pestillo de seguridad y las eslingas tienen que estar bien colocadas.
34. Es necesaria la presencia de señalistas en maniobras complejas de maquinaria.
35. Es necesario limpiarse el calzado antes de acceder a la cabina de las máquinas.
36. Se deben subir y bajar las escaleras siempre de cara a la escalera.
37. Los conductores de maquinaria deben usar casco y chaleco reflector fuera de la máquina.
38. La maquinaria debe estar dotada de señal acústica de marcha atrás y, en vías públicas, de avisador lumínico.
39. No se puede sobrepasar el peso previsto por el fabricante en las plataformas elevadoras, que deben estar situadas en zonas sin desniveles, caños, grasas o similares.
40. Se deben definir y señalizar los radios de seguridad de determinadas operaciones de maquinaria.

Anexo I. Comparación de ventajas e inconvenientes entre aplicaciones con RV [71].

	Ventajas	Inconvenientes
	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Multiplataforma. ✓ Calidad gráfica. ✓ Videojuegos grandes y complejos. ✓ Menores requerimientos. ✓ Menor velocidad de renderizado. ✓ Gratuito. 	<ul style="list-style-type: none"> ✗ Aprendizaje complicado. ✗ Comunidad de desarrolladores inferior.
	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Multiplataforma. ✓ Aprendizaje sencillo. ✓ Gran comunidad de desarrolladores. ✓ Biblioteca de recursos. ✓ Variedad de formatos y lenguajes de programación. ✓ Gratuito. 	<ul style="list-style-type: none"> ✗ Mucho rendimiento. ✗ Menor calidad gráfica.
	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Permite programar paseos. ✓ Creación de objetos 3d. 	<ul style="list-style-type: none"> ✗ No es posible el entrenamiento virtual.
	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Permite asociar materiales a los objetos. ✓ Permite crear objetos y modelos 3d con animaciones. ✓ Permite implementar RV y diseñar juegos. 	<ul style="list-style-type: none"> ✗ Es más difícil de usar que Unreal Engine o Unity. ✗ Menor comunidad de desarrolladores que en los anteriores.
	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Gran posibilidad de interacción entre formatos. ✓ Visualización de la planificación. ✓ Aplicación de PRL. ✓ Incorpora RV. 	<ul style="list-style-type: none"> ✗ Es caro. ✗ Ambientado en la construcción.

Anexo J. Unity 3D

La interfaz de Unity está organizada en ventanas, que es importante conocerlas antes de dar inicio a la creación de escenarios o actividades.

1. Ventanas de Unity

Para su fácil entendimiento se muestra la Figura 45, donde se señalan las principales ventanas con su respectivo nombre y más adelante una breve explicación de la función que realizan.

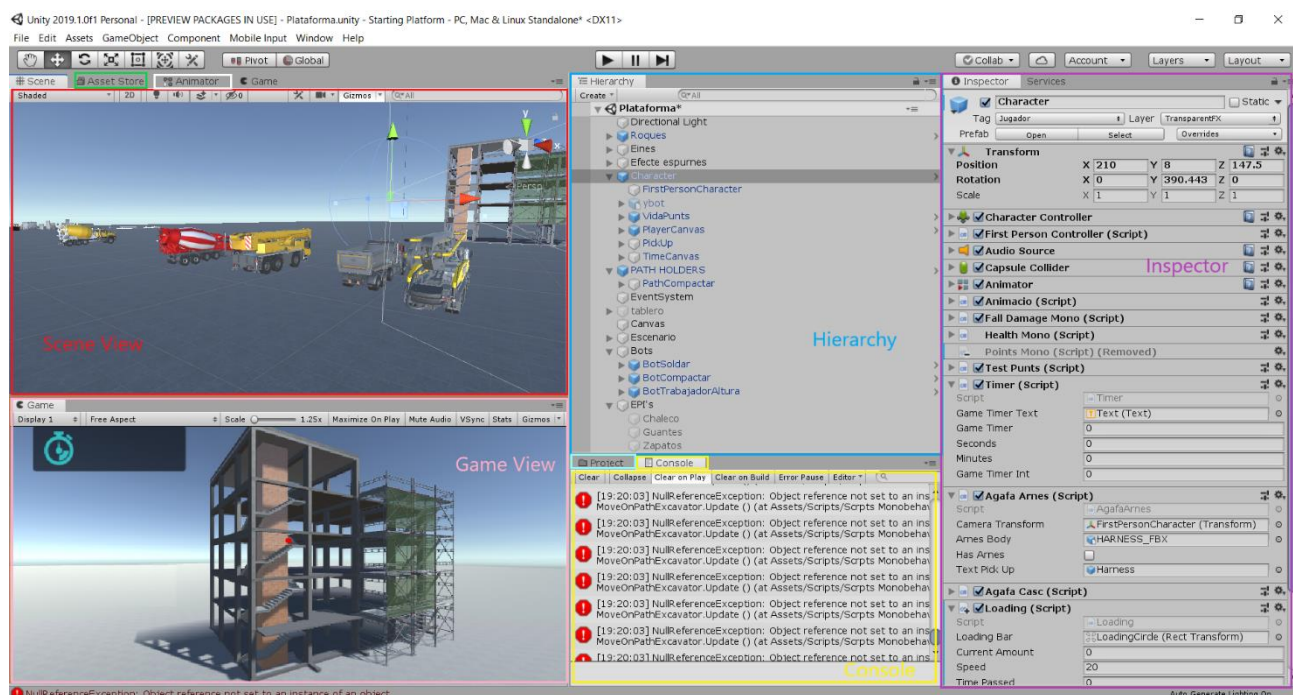


Figura 45. Vistas de algunas ventanas de Unity
Elaboración: propia

1.1. Scene View

Ventana donde interactúan los elementos que forman parte de la escena y nos indica los ejes globales

1.2. Game View

Ventana que muestra el escenario, pero no se realizan ediciones. Al ejecutar el programa, presionando "Play", la experiencia se tiene a través de esta ventana siempre y cuando no se presenten errores.

1.3. Hierarchy

Ventana que enlista todos los *GameObject* puestos en escena. Aquí se puede organizar lo que se aprecia en *Scene View*.

1.4. Inspector

Ventana donde se aprecian las *Components* y *Scripts* del *GameObject* seleccionado de *Scene View*, básicamente son las propiedades y comportamiento de un objeto.

1.5. Project

Ventana donde se organiza los elementos por carpetas como: Animations, Audio, Efectos, Menú, Modelos, Prefab, Scenes y Scripts.

1.6. Console

Ventana donde se anuncia errores que pueda presentar el juego e impide que se ejecute, así como la ubicación del error, también resultados que se pide en cierto tiempo

1.7. Asset Store

Tienda on-line de Unity 3D, se puede acceder desde Unity y dispone de gran variedad de modelos gratuitos y de pago.

1.8. Animator

Ventana donde se controla las distintas animaciones que puede tener un juego, en personajes o maquinaria, Figura 46.

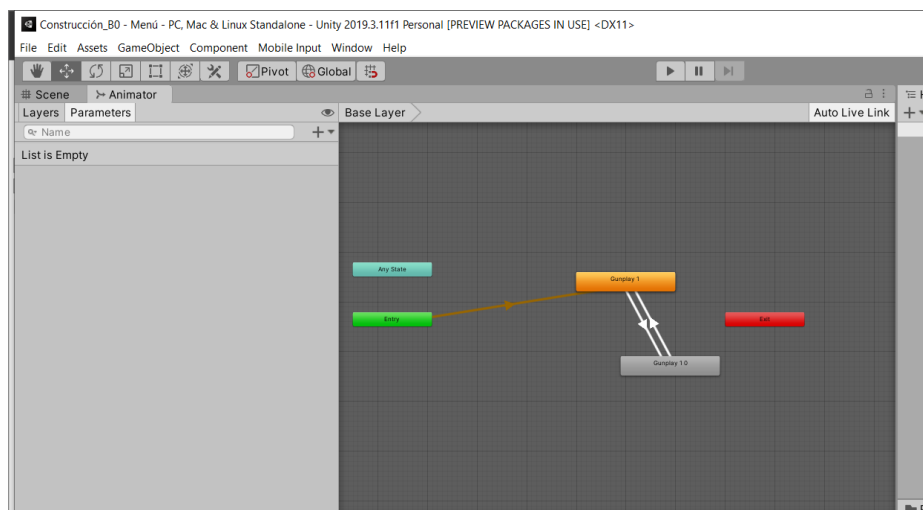


Figura 46. Ventana "Animator" desplegada.

2. GameObjects, components, y scripts

Se describen algunos nombres esenciales de Unity como GameObject, Components Figura 47 y Scripts.

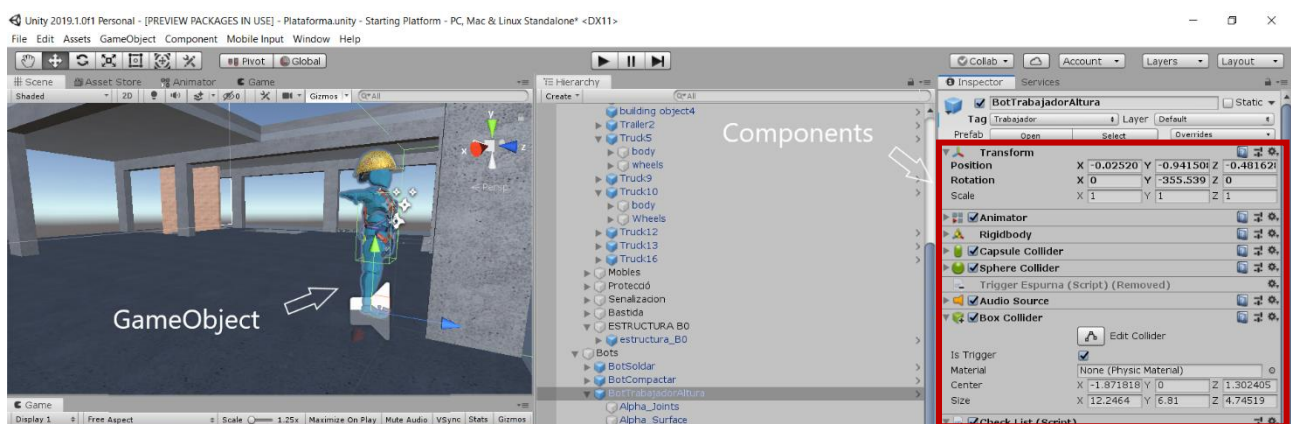


Figura 47. Componentes de un GameObject

2.1. GameObject

Son todos los objetos puestos en el escenario, que a su vez aparecen escritos en *Hierarchy*. Puede ser la cámara, luz, personajes, maquinaria, EPI, EPC, tableros, textos, imágenes, etc., a los objetos podemos modificarlos mediante sus *Components* y/o agregándolo scripts. Los *GameObjects* pueden estar asociados a otros *GameObjects*. Cuando uno tiene otro de asociado, se llama *Parent*, y el asociado *Child*. Si un *GameObject* es el *Parent* de otro, el *Child* se moverá, rotará y escalará exactamente igual que el *Parent*.

2.2. Components

Son las propiedades de un objeto, Figura 47, **Error! No se encuentra el origen de la referencia.** lo más común es su *Transform*, que aporta la información de su posición, rotación y escala. Además, puede agregarse *Colliders* que impiden que el objeto sea atravesado, o *Rigidbody* que agrega fuerzas físicas al objeto.

2.3. Scripts

Es el código que se escribe y se usa en los *GameObjects* para conducirlos a realizar distintas acciones que implica la simulación. Los Scripts interactúan entre ellos y modifican, suprimen, y añaden *Components* a *GameObjects* los que son insertados a otros. Para crear un *Script*, que es un *Component* más, ir a AddComponent > New Script.

Anexo K. Scripts

1. Script. Menú principal

```
using System.Collections.Generic;
using UnityEngine;
using UnityEngine.SceneManagement;

public class MenuPrincipal : MonoBehaviour
{
    private void Start()
    {
    }

    public void EmpezarJuego()
    {
        SceneManager.LoadScene(SceneManager.GetActiveScene().buildIndex + 1);
        nameData.name = "nameData";
        DontDestroyOnLoad(nameData);
    }

    public void CerrarJuego()
    {
        Application.Quit();
        Debug.Log("Salir");
    }

    private class Scores
    {
        public List<ScoreDataContainer> scoreDataContainersList;
    }

    [System.Serializable]
    private class ScoreDataContainer
    {
        public int puntaje;
        public string name;
    }
}
```


2. Script. Ingresar nombre de usuario en el menú principal

```
using UnityEngine;
using UnityEngine.UI;

public class IngresarNombre : MonoBehaviour
{
    public InputField datosEntrada;
    public string Salida { get; private set; }

    public void Update()
    {
        if (Input.GetKey(KeyCode.M))
        {
            datosEntrada = GameObject.Find("Ingreso nombre").GetComponent<InputField>();
        }
    }

    public void Guardar ()
    {
        Salida = datosEntrada.text;
        Debug.Log(Salida);
    }
}
```

3. Script. Controlar el tiempo y temporizador en interfaz de usuario

```
using UnityEngine;
using UnityEngine.UI;
using UnityEngine.SceneManagement;
using System.Collections;

public class Tiempo : MonoBehaviour
{
    public Text textoTemporizadorJuego;
    public Text fin;
    public float temporizador = 10f;
    public float tiempoTotal;
    public int segundos;
    public int minutos;
    public int tiempoJuego;
    public string escena;
    public ComparaciónDeDatos cdp;

    void Start()
    {
        fin.enabled = false;
        StartCoroutine(Temp ());
    }

    IEnumerator Temp()
    {
        yield return new WaitForSeconds(temporizador);
        Cursor.visible = true;
        Cursor.lockState = CursorLockMode.None;
        cdp.AgregarUsuario();
        SceneManager.LoadScene(escena);
    }

    public string timerString { get; private set; }
    void Update()
    {
        temporizador -= Time.deltaTime;
        tiempoTotal += Time.deltaTime;

        tiempoJuego = Mathf.RoundToInt( tiempoTotal);

        segundos = (int)(temporizador % 60);
        minutos = (int)(temporizador / 60) % 60;

        timerString = string.Format("{0:00}:{1:00}", minutos, segundos);
        textoTemporizadorJuego.text = timerString;

        if (temporizador < 4f)
        {
            textoTemporizadorJuego.text = "0";
            fin.enabled = true;
        }
    }
}
```

4. Script. Controlar la animación del jugador

```
using UnityEngine;

public class AnimacionJugador : MonoBehaviour
{
    Animator anim;
    public UnityStandardAssets.Characters.FirstPerson.ControladorPrimeraPersona controller;
    public CapsuleCollider cont;
    bool stairs;

    void Start()
    {
        anim = GetComponent<Animator>();
    }

    void Update()
    {
        if (Input.GetKey(KeyCode.LeftShift))
        {
            if (Input.GetKey(KeyCode.W))
            {
                anim.SetBool("isWalking", false);
                anim.SetBool("isRunning", true);
                anim.SetBool("isIdle", false);
                anim.SetBool("isRunningBack", false);
                anim.SetBool("isWalkingBack", false);
            }

            else if (Input.GetKey(KeyCode.S))
            {
                anim.SetBool("isWalking", false);
                anim.SetBool("isRunning", false);
                anim.SetBool("isIdle", false);
                anim.SetBool("isRunningBack", true);
                anim.SetBool("isWalkingBack", false);
            }

            else
            {
                anim.SetBool("isWalking", false);
                anim.SetBool("isRunning", false);
                anim.SetBool("isIdle", true);
                anim.SetBool("isRunningBack", false);
                anim.SetBool("isWalkingBack", false);
            }
        }

        else if (Input.GetKey(KeyCode.W))
        {
            anim.SetBool("isWalking", true);
            anim.SetBool("isRunning", false);
        }
    }
}
```

```
anim.SetBool("isIdle", false);
anim.SetBool("isRunningBack", false);
anim.SetBool("isWalkingBack", false);
}

else if (Input.GetKey(KeyCode.S))
{
    anim.SetBool("isWalking", false);
    anim.SetBool("isRunning", false);
    anim.SetBool("isIdle", false);
    anim.SetBool("isRunningBack", false);
    anim.SetBool("isWalkingBack", true);
}

else if (Input.GetKey(KeyCode.Space))
{
    Debug.Log("Space key was pressed.");
}

else
{
    anim.SetBool("isWalking", false);
    anim.SetBool("isRunning", false);
    anim.SetBool("isIdle", true);
    anim.SetBool("isRunningBack", false);
    anim.SetBool("isWalkingBack", false);
}
}

private void OnTriggerStay(Collider other)
{
    if (other.transform.tag == "Escales")
    {
        anim.SetBool("Stairs", true);
    }

    else
    {
        anim.SetBool("Stairs", false);
    }
}

void OnTriggerExit(Collider other)
{
    if (other.transform.tag == "Escales")
    {
        anim.SetBool("Stairs", false);
    }

    else
    {
        anim.SetBool("Stairs", false);
    }
}
}
```

5. Script. Controlar el movimiento de los trabajadores

```
using UnityEngine;

public class Trabajadores_movimiento : MonoBehaviour
{
    public RutaTrabajadores PathToFollow;
    public int CurrentWayPointID = 0;
    public float speed;
    private float reachDistance = 1f;
    public float rotationSpeed = 1f;
    public GameObject jugador;

    Vector3 last_position;
    Vector3 current_position;

    public Animator anim;

    void Start()
    {
        last_position = transform.position;
        speed = Random.Range(1f, 2f);
    }

    bool caminar = false;

    void Update()
    {
        float distance = Vector3.Distance(PathToFollow.path_objs[CurrentWayPointID].position,
transform.position);
        transform.position = Vector3.MoveTowards(transform.position,
PathToFollow.path_objs[CurrentWayPointID].position, Time.deltaTime * speed);

        var lookPos = PathToFollow.path_objs[CurrentWayPointID].position - transform.position;
        lookPos.y = 0;
        var rotation = Quaternion.LookRotation(lookPos);
        transform.rotation = Quaternion.Slerp(transform.rotation, rotation, Time.deltaTime *
rotationSpeed);

        if (distance <= reachDistance)
        {
            CurrentWayPointID++;
        }

        if (CurrentWayPointID >= PathToFollow.path_objs.Count)
        {
            CurrentWayPointID = 0;
        }

        float distanciatrabajador = Vector3.Distance(gameObject.transform.position,
jugador.transform.position);
        if (distanciatrabajador <= 7f)
        {
            speed = 0;
            anim.SetBool("Stop", true);
        }
    }
}
```



```
    caminar = true;
}

if (distanciament > 7f && caminar == true)
{
    caminar = false;
    new WaitForSeconds(1f);
    anim.SetBool("Stop", false);
    speed = Random.Range(1f, 2f);
}
}
```

6. Script. Definir la ruta que siguen de los trabajadores

```
using System.Collections.Generic;
using UnityEngine;

public class RutaTrabajadores : MonoBehaviour
{
    public Color rayColor = Color.white;
    public List<Transform> path_objs = new List<Transform>();
    Transform[] theArray;

    void OnDrawGizmos()
    {
        Gizmos.color = rayColor;
        theArray = GetComponentsInChildren<Transform>();
        path_objs.Clear();

        foreach (Transform path_obj in theArray)
        {
            if (path_obj != this.transform)
            {
                path_objs.Add(path_obj);
            }
        }

        for(int i = 0; i < path_objs.Count; i++)
        {
            Vector3 position = path_objs[i].position;
            if (i > 0)
            {
                Vector3 previous = path_objs[i - 1].position;
                Gizmos.DrawLine(previous,position);
                Gizmos.DrawWireSphere(position, 0.3f);
            }
        }
    }
}
```

7. Script. “Check” en la lista de verificación

```
using System.Collections.Generic;
using UnityEngine;

public class CheckList : MonoBehaviour
{
    public GameObject Tablero;
    public GameObject[] botones;
    public GameObject[] tablero;
    public GameObject plane,plane1,plane2,plane3,plane4, plane5, plane6;
    public GameObject[] equipoProtección;
    public Material checkGood, checkBad;
    public bool isChanged { get; private set; }
    public bool isChanged1 { get; private set; }
    public bool isChanged2 { get; private set; }
    public bool isChanged3 { get; private set; }
    public bool isChanged4 { get; private set; }
    public bool isChanged5 { get; private set; }
    public bool isChanged6 { get; private set; }
    public bool EPC = false;

    void Start()
    {
        savedList = new List<bool>();
        isChanged = false;
        isChanged1 = false;
        isChanged2 = false;
        isChanged3 = false;
        isChanged4 = false;
        isChanged5 = false;
        isChanged6 = false;
    }

    void Update()
    {
        isChanged = plane.activeSelf;
        isChanged1 = plane1.activeSelf;
        isChanged2 = plane2.activeSelf;
        isChanged3 = plane3.activeSelf;
        isChanged4 = plane4.activeSelf;
        isChanged5 = plane5.activeSelf;
        isChanged6 = plane6.activeSelf;
        RaycastHit hit;
        Ray ray = Camera.main.ScreenPointToRay(Input.mousePosition);

        if (EPC)
        {
            if (Input.GetKey(KeyCode.O))
            {
                Tablero.SetActive(true);
            }
            if (Input.GetKey(KeyCode.P))
            {
                savedList.Clear();
            }
        }
    }
}
```

```
for (int i = 0; i < tablero.Length; i++)
{
    tablero[i].SetActive(false);
    savedList.Add(isChanged);
    savedList.Add(isChanged1);
    savedList.Add(isChanged2);
    savedList.Add(isChanged3);
    savedList.Add(isChanged4);
    savedList.Add(isChanged5);
    savedList.Add(isChanged6);
}
Tablero.SetActive(false);
}
}

if (Input.GetMouseButtonUp(0))
{
    if (Physics.Raycast(ray, out hit) && hit.collider.name == botones[0].name)
    {
        Debug.Log(botones[0].name + " " + hit.collider.name);
        if (isChanged)
        {
            plane.SetActive(false);
        }

        if (!isChanged)
        {
            plane.SetActive(true);
        }
    }

    if (Physics.Raycast(ray, out hit) && hit.collider.name == botones[1].name)
    {
        if (isChanged1)
        {
            plane1.SetActive(false);
        }

        if (!isChanged1)
        {
            plane1.SetActive(true);
        }
    }

    if (Physics.Raycast(ray, out hit) && hit.collider.name == botones[2].name)
    {
        if (isChanged2)
        {
            plane2.SetActive(false);
        }

        if (!isChanged2)
        {
            plane2.SetActive(true);
        }
    }
}
```

```
if (Physics.Raycast(ray, out hit) && hit.collider.name == botones[3].name)
{
    if (isChanged3)
    {
        plane3.SetActive(false);
    }

    if (!isChanged3)
    {
        plane3.SetActive(true);
    }
}

if (Physics.Raycast(ray, out hit) && hit.collider.name == botones[4].name)
{
    if (isChanged4)
    {
        plane4.SetActive(false);
    }

    if (!isChanged4)
    {
        plane4.SetActive(true);
    }
}

if (Physics.Raycast(ray, out hit) && hit.collider.name == botones[5].name)
{
    if (isChanged5)
    {
        plane5.SetActive(false);
    }

    if (!isChanged5)
    {
        plane5.SetActive(true);
    }
}

if (Physics.Raycast(ray, out hit) && hit.collider.name == botones[6].name)
{
    if (isChanged6)
    {
        plane6.SetActive(false);
    }

    if (!isChanged6)
    {
        plane6.SetActive(true);
    }
}
}

bool controllerBool = false;
public void OnTriggerEnter(Collider other)
```



```
{
    if (other.gameObject.tag == "Jugador")
    {
        controllerBool = true;
        for (int i = 0; i < tablero.Length; i++)
        {
            tablero[i].SetActive(true);
            if(savedList != null)
            {
                savedList.Clear();
            }
        }
    }
}

public int marcador;
public List<bool> savedList { get; private set; }
public void OnTriggerExit(Collider other)
{
    if (controllerBool)
    {
        Debug.Log("saliste");
        savedList.Clear();
        marcador = 0;

        if (other.gameObject.tag == "Jugador")
        {
            for (int i = 0; i < tablero.Length; i++)
            {
                tablero[i].SetActive(false);
                savedList.Add(isChanged);
                savedList.Add(isChanged1);
                savedList.Add(isChanged2);
                savedList.Add(isChanged3);
                savedList.Add(isChanged4);
                savedList.Add(isChanged5);
                savedList.Add(isChanged6);
            }

            for (int i = 0; i < savedList.Count; i++)
            {
                if (savedList[i] == equipoProtección[i].activeSelf)
                {
                    marcador += 1;
                }
            }

            Debug.Log("Funciona " + marcador + " " + savedList[0]);
        }
        controllerBool = false;
    }
}
```

8. Script. Seleccionar el EPI le falta al trabajador

```
using UnityEngine;

public class SeleccionarEPI : MonoBehaviour
{
    public GameObject gafas;
    public bool isChanged = false;
    public GameObject gafasTrabajador;
    public GameObject lista;

    public void OnTriggerStay(Collider other)
    {
        if (other.tag == "Jugador")
        {
            lista.SetActive(true);
        }
    }

    public void OnTriggerExit(Collider other)
    {
        if (other.tag == "Jugador")
        {
            lista.SetActive(false);
        }
    }

    void Update()
    {
        isChanged = gafasTrabajador.activeSelf;
        RaycastHit hit;
        Ray ray = Camera.main.ScreenPointToRay(Input.mousePosition);

        if (Input.GetMouseButtonUp(0))
        {
            if (Physics.Raycast(ray, out hit) && hit.collider.name == gafas.name)
            {
                if (isChanged)
                {
                    gafasTrabajador.SetActive(false);
                    gafas.GetComponent<Renderer>().material.color = Color.white;
                }

                if (!isChanged)
                {
                    gafasTrabajador.SetActive(true);
                    gafas.GetComponent<Renderer>().material.color = Color.red;
                }
            }
        }
    }
}
```

9. Script. Comparar información guardada de los Check List

```
using System.Collections.Generic;
using UnityEngine;

public class ComparaciónDeDatos : MonoBehaviour
{
    public CheckList[] checkList;
    private bool[] dataList;
    public int score { get; private set; }
    public string nombre;

    void Start()
    {
        resultadoLista = new List<int>();
        var g = GameObject.Find("nameData");
        if (g != null)
        {
            nombre = g.GetComponent<IngresarNombre>().Salida;
            Debug.Log(nombre);
        }

        //Primera vez que se tiene que crear el Json
        //-----
        if (!PlayerPrefs.HasKey("ScoreTable"))
        {
            ScoreDataContainer scoresData = new ScoreDataContainer { puntaje = score, name =
nombre };
            string json = JsonUtility.ToJson(scoresData);
            PlayerPrefs.SetString("ScoreTable", json);
            PlayerPrefs.Save();
        }
        //-----
    }

    public List<int> resultadoLista { get; private set; }
    private int puntajeTrabajador;

    public void ComparaciónCheckList()
    {
        Debug.Log(checkList.Length);
        resultadoLista.Clear();

        for (int j = 0; j < checkList.Length; j++)
        {
            dataList = checkList[j].savedList.ToArray();
            Debug.Log(j);
            Debug.Log(dataList.Length);

            if (dataList.Length == 0)
            {
                Debug.Log("cuando el dato es 0 _ " + checkList[j].marcador);
                puntajeTrabajador = checkList[j].marcador;
                score += puntajeTrabajador;
            }
        }
    }
}
```

```
        for (int i = 0; i < dataList.Length; i++)
        {
            Debug.Log( j + "puntaje trabajador " + i + " " + dataList[i] + " = " +
checkList[j].equipoProtección[i].activeSelf);

            if (dataList[i] == checkList[j].equipoProtección[i].activeSelf)
            {
                score += 1;
                puntajeTrabajador += 1;
            }
        }

        resultadoLista.Add(puntajeTrabajador);
        puntajeTrabajador = 0;
    }
}

public void AgregarUsuario()
{
    ComparaciónCheckList();
    AddNewEntryUser(score, nombre);
    Debug.Log(nombre);
    Debug.Log(score);
    score = 0;
}

private class Scores
{
    public List<ScoreDataContainer> scoreDataContainersList;
}

[System.Serializable]
private class ScoreDataContainer
{
    public int puntaje;
    public string name;
}

private void AddNewEntryUser(int score, string name)
{
    //Crea el Contenedor Json
    ScoreDataContainer scoresData = new ScoreDataContainer {puntaje = score, name = name};

    //Carga los Parámetros(Usuario) Anteriores
    string jsonString = PlayerPrefs.GetString("ScoreTable");
    Scores scores = JsonUtility.FromJson<Scores>(jsonString);

    //Agrega un nuevo Parámetro(Usuario)
    scores.scoreDataContainersList.Add(scoresData);

    //Guarda el nuevo Parámetro(Usuario) para la siguiente Sesión
    string json = JsonUtility.ToJson(scores);
    PlayerPrefs.SetString("ScoreTable", json);
    PlayerPrefs.Save();
}
}
```

10. Script. Terminar la experiencia y crear informe final.

```
using UnityEngine;
using UnityEngine.SceneManagement;
using System.IO;
using System;
using System.Collections.Generic;

public class RegresarMenu : MonoBehaviour
{
    string pathTxt = "";
    public ComparaciónDeDatos cdp;
    public Tiempo tiempo;

    public void WriteTxt(float tiempo, string nombre, float puntajeTotal, List<int> resultadoLista,
        string path )
    {
        string tiempoOptimo = "";

        for (int i = 0; i < resultadoLista.Count; i++)
        {
            puntajeTotal += resultadoLista[i];
            Debug.Log(resultadoLista[i] + " trabajador " + i);
        }

        if (tiempo < 600 && puntajeTotal >= 46)
        {
            tiempoOptimo = "Fue un excelente trabajo, revisó correctamente el EPC, EPI y atendió a sus fallos. Es un excelente técnico en PRL. ";
        }

        if (tiempo < 600 && puntajeTotal < 46 && puntajeTotal > 30)
        {
            tiempoOptimo = "Necesita mejorar, no revisó y corrigió correctamente el uso de EPI en trabajadores y EPC en la obra. ";
        }

        if (tiempo < 600 && puntajeTotal <= 30)
        {
            tiempoOptimo = "Le falta cultura en PRL, los resultados de su experiencia virtual son negativos. Se sugiere una formación básica. ";
        }

        StreamWriter writer = new StreamWriter(path, true);
        writer.WriteLine("-----" +

            Environment.NewLine + nombre + " gracias por participar en el programa de formación inmersivo para Técnicos en Prevención de Riesgos Laborales " + Environment.NewLine + Environment.NewLine + "Ha revisado el EPC y el EPI de 7 trabajadores distribuidos en diferentes niveles del edificio" + Environment.NewLine + "La revisión de equipos de protección lo hizo en: " + tiempo.ToString() + " segundos. " + " Tiempo en el que ha revisado correctamente " + puntajeTotal + " de los 56 EPI y EPC" + Environment.NewLine + Environment.NewLine + "En el Check List de EPC ha acertado en: " + resultadoLista[0] + "/" + Environment.NewLine + Environment.NewLine + "En el Check List del trabajador que:" + Environment.NewLine + "Compacta en la entrada de la obra,
```



```
ha acertado en:" + resultadoLista[1] + "/7 EPI" + Environment.NewLine + "Hace hormigón en la  
planta baja, ha acertado en: " + resultadoLista[2] + "/7 EPI" + Environment.NewLine + "Coloca  
tuberías en el 2do piso, ha acertado en: " + resultadoLista[3] + "/7 EPI" + Environment.NewLine +  
"Suelta en el 3er piso, ha acertado en: " + resultadoLista[4] + "/7 EPI" + Environment.NewLine +  
"Corta madera en el 3er piso, ha acertado en: " + resultadoLista[5] + "/7 EPI" + Environment.NewLine  
+ "Coloca luminaria en la escalera, ha acertado en: " + resultadoLista[6] + "/7 EPI" +  
Environment.NewLine + "Mueve los ladrillos que ha dejado la grúa en el último piso, ha acertado  
en: " + resultadoLista[7] + "/7 EPI" + Environment.NewLine + Environment.NewLine + tiempoOptimo  
+Environment.NewLine + "-----");
```

```
        writer.Close();  
        //Debug.Log("writed!");  
    }  
    int puntajeTotal = 0;  
  
    void Update()  
    {  
        if (Input.GetKeyDown(KeyCode.M))  
        {  
            pathTxt = Path.Combine(Environment.GetFolderPath(Environment.SpecialFolder.Desktop),  
"Informe Final");  
  
            if (!Directory.Exists(pathTxt))  
            {  
                Directory.CreateDirectory(pathTxt);  
            }  
  
            pathTxt = Path.Combine(pathTxt, "Informe.txt");  
            File.WriteAllText(pathTxt, String.Empty);  
            cdp.AgregarUsuario();  
            WriteTxt(tiempo.tiempoJuego, cdp.nombre, puntajeTotal, cdp.resultadoLista, pathTxt);  
            Destroy(GameObject.Find("nameData"));  
            SceneManager.LoadScene(0);  
        }  
  
        if (tiempo.tiempoJuego>=600)  
        {  
            pathTxt = Path.Combine(Environment.GetFolderPath(Environment.SpecialFolder.Desktop),  
"Informe Final");  
  
            if (!Directory.Exists(pathTxt))  
            {  
                Directory.CreateDirectory(pathTxt);  
            }  
            pathTxt = Path.Combine(pathTxt, "Informe.txt");  
            File.WriteAllText(pathTxt, String.Empty);  
            cdp.AgregarUsuario();  
            WriteTxt(tiempo.tiempoJuego, cdp.nombre, puntajeTotal, cdp.resultadoLista, pathTxt);  
            Destroy(GameObject.Find("nameData"));  
            SceneManager.LoadScene(0);  
        }  
    }  
}
```

Anexo L. Cuestionario de evaluación

8/5/2020

Formulario de evaluación de experiencia del usuario de "Formación en PRL"

Formulario de evaluación de experiencia del usuario de "Formación en PRL"

Después de ejecutar la herramienta de Formación en PRL, por favor indique el nivel de acuerdo con lo descrito, donde: totalmente en desacuerdo=1, en desacuerdo=2, ni de acuerdo ni en desacuerdo=3, de acuerdo=4 y totalmente de acuerdo=5

Pienso que [Formación en PRL] me permite aprender de una manera que no es posible con otra tecnología

1	2	3	4	5
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>

Pienso que con [Formación en PRL] puedo capacitarme en el trabajo que realizan los técnicos en PRL en sus visitas de inspección

1	2	3	4	5
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>

Pienso que con [Formación en PRL] puedo tomar decisiones de manera efectiva y corregir los errores de los trabajadores sin problema

1	2	3	4	5
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>

<https://docs.google.com/forms/d/1NOXqoDL060pn4qgn-LvGYsA2hpSpkE5oW6gULKiBY/edit#response=ACYDBNjONccVZAf1fwN5MQRwEYC...> 1/5

8/5/2020 Formulario de evaluación de experiencia del usuario de "Formación en PRL"

Pienso que el contenido al que accedo y doy uso con [Formación en PRL] cumple con normativas y me aporta conocimiento mientras lo utilizo

1 2 3 4 5

☐ ☐ ☐ ☐ ☒

Pienso que [Formación en PRL] me explica la función de un TPRL de manera dinámica e inmersiva

1 2 3 4 5

☐ ☐ ☐ ☐ ☒

Pienso que con [Formación en PRL] obtengo perspectivas interesantes de la obra de construcción y los equipos de seguridad implementados

1 2 3 4 5

☐ ☐ ☐ ☐ ☒

Pienso que [Formación en PRL] amplía mi comprensión de actividades ya conocidas

1 2 3 4 5

☐ ☐ ☐ ☐ ☒

https://docs.google.com/forms/d/1NOXqpDL060pn4qgn_LvGYsA2hpSpAE5oW6gULKBtY/edit#response=ACYDBNjQhccvZAf1heNSMQRaEYC... 2/5

8/5/2020 Formulario de evaluación de experiencia del usuario de "Formación en PRL"

Pienso que con [Formación en PRL] puedo entender y reaccionar fácilmente al trabajo que desempeña un técnico en obra

1 2 3 4 5

☐ ☐ ☐ ☒ ☐

Pienso que [Formación en PRL] permite una forma natural de interactuar con información digital específica (sistemas de seguridad), de obras de construcción

1 2 3 4 5

☐ ☐ ☐ ☐ ☒

Pienso que encuentro un gran placer en entrenarme en prevención de riesgos laborales [Formación en PRL]

1 2 3 4 5

☐ ☐ ☐ ☐ ☒

Pienso que con [Formación en PRL] puedo encontrar información inesperada o sorprendente

1 2 3 4 5

☐ ☐ ☐ ☐ ☒

https://docs.google.com/forms/d/1NOXqpDL060pn4qgn_LvGYsA2hpSpAE5oW6gULKBtY/edit#response=ACYDBNjQhccvZAf1heNSMQRaEYC... 3/5

8/5/2020 Formulario de evaluación de experiencia del usuario de "Formación en PRL"

Pienso que [Formación en PRL] funciona sorprendentemente mejor de lo que esperaba

1 2 3 4 5

☐ ☐ ☒ ☐ ☐

Pienso que las actividades cotidianas de un técnico en PRL se sienten acogedoras con [Formación en PRL]

1 2 3 4 5

☐ ☐ ☐ ☐ ☒

Pienso que la interacción con [Formación en PRL] cautiva mi atención de manera positiva ya que transmite en un entorno digital, el entorno real de una obra de construcción

1 2 3 4 5

☐ ☐ ☐ ☐ ☒

Pienso que cuando uso [Formación en PRL], surgen nuevos propósitos o formas de usarlo

1 2 3 4 5

☐ ☐ ☐ ☐ ☒

Pienso que el uso de [Formación en PRL] aumenta aún más mi entusiasmo por ello

1 2 3 4 5

☐ ☐ ☐ ☒ ☐

https://docs.google.com/forms/d/1NOXqpDL060pn4qgn_LvGYsA2hpSpAE5oW6gULKBtY/edit#response=ACYDBNjQhccvZAf1heNSMQRaEYC... 4/5

8/5/2020 Formulario de evaluación de experiencia del usuario de "Formación en PRL"

Pienso que [Formación en PRL] me anima a aprender y realizar bien el trabajo de técnico en PRL

1 2 3 4 5

☐ ☐ ☐ ☒ ☐

Pienso que usar [Formación en PRL] estimula mi imaginación

1 2 3 4 5

☐ ☐ ☐ ☐ ☒

Pienso que [Formación en PRL] me permite observar una obra de construcción real de manera digital de formas novedosas

1 2 3 4 5

☐ ☐ ☐ ☐ ☒

Este contenido no ha sido creado ni aprobado por Google.

Google Formularios

https://docs.google.com/forms/d/1NOXqpDL060pn4qgn_LvGYsA2hpSpAE5oW6gULKBtY/edit#response=ACYDBNjQhccvZAf1heNSMQRaEYC... 5/5